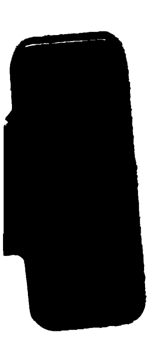
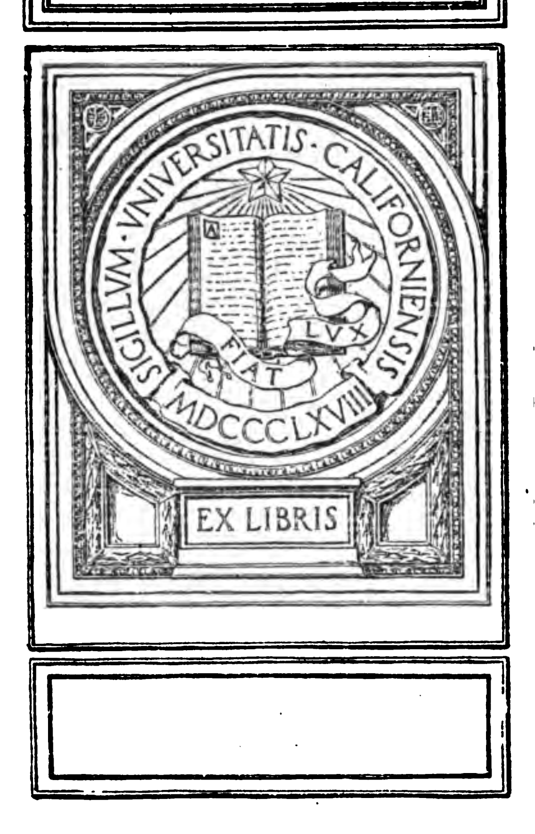
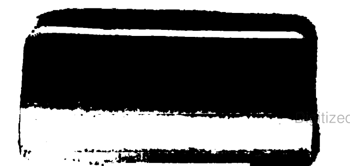





SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



Eugen W. Hilgard.
1851.

Beschreibung der Hütten-Prozesse, welche in Wales zur Darstellung des Kupfers angewendet werden.

Nebst

Untersuchungen über den jetzigen Zustand und die wahrscheinliche Zukunft der Kupferproduction und des Kupferhandels.

Von

F. Le Play,

französischem Bergwerks-Oberingenieur und Professor der Metallurgie an der Bergwerksschule zu Paris.

Deutsch bearbeitet

von

Carl Hartmann.

Mit 4 Tafeln Abbildungen.

Quedlinburg und Leipzig.

Druck und Verlag von Gottfr. Basse.

1851.

Vorwort des Uebersetzers.

Die vorliegende Arbeit des bekannten französischen Metallurgen Le Play gehört unstreitig zu den besten hüttenmännischen Monographien aller Zeiten; sie beurkundet ein eben so genaues praktisches, als auch ein tiefes theoretisches Studium der Waleser Kupferhüttenprozesse. Außerdem enthält die Schrift so viel allgemein Wichtiges und Neues aus der gesammten Metallurgie, wohin wir nur allein die Benutzung des kleinen oder staubartigen Anthracits und überhaupt der in dieser Form sonst werthlosen kleinen Sandkohlen zur Flammofenfeuerung rechnen wollen, so daß sie für jeden Hüttenmann das größte Interesse hat und jedem empfohlen werden muß. Der Uebersetzer, ein alter Hüttenmann, muß gestehen, daß ihm die Arbeit die größte Belehrung gewährt hat und daß er durch dieselbe gewissermaßen zu einem neuen Stadium seiner metallurgischen Beobachtungen und Studien geführt worden ist. — Möge es ihm gelungen sein, von einem trefflichen Original eine gute Bearbeitung geliefert zu haben!

Es bleibt dem Uebersetzer nur noch übrig, einige Bemerkun- über das in dem Werke befolgte Münz-, Maß- und Gewichtssystem zu machen.

Alle Angaben der Länge, der Oberfläche und des räumlichen Inhalts sind auch in dieser deutschen Angabe im Metermaß ausgedrückt worden, denn auf welches deutsche System sollte sie der Uebersetzer reduciren? — Jedoch sollen hier einige Vergleichungen mit dem preuß. oder rheinländ. Maß gemacht werden:

1 Meter = 3 Fuß 2 Zoll 3 Linien; 1 Decimeter = 3 Zoll 10 Lin.; 1 Centim. = 4,5 Lin.; 1 Millimeter = 0,5 Lin.; 1 Kubikmeter = 32,5 Kubikfuß; 1 Kilometer = 1000 Met. = 265,5 preuß. Ruthen; 1 preuß. Meile = 2000 Ruthen.

Das Gewicht ist in englischen Tonnen zu 20 Centnern, der Centner = 112 Pfund ausgedrückt. 1 Tonne = 1016 Kilogrammen; 1 Kilogramm = 2,1 Pfd. Cölln.; 1 Tonne = 19,5 Centner Preuß.

Die Geldwerthe sind in Schillingen und Bruchtheilen derselben angegeben; 1 Schill. = 10 Sgr. = 1,26 Franc; 1 Pfund Sterling = 20 Schill. = 25,21 Fr. = $6\frac{2}{3}$ Thlr. Preuß.

Diese Angaben werden genügen, zumal von den meisten der Leser dieses Buches angenommen werden darf, daß sie das eben so einfache und bequeme, als bekannte metrische System kennen.

Einleitung.

Eigenthümliche Lage der Waleser Kupferschmelzhütten. — Die in dem Meerbusen von Bristol, an den südlichen Küsten von Wales liegenden Kupferschmelzhütten bieten seit einigen Jahren mehre Umstände dar, wie sie bis jetzt in der Geschichte der Metallurgie noch nicht vorgekommen sind und die für die Kupferhüttenleute anderer Länder, so wie für die Metallurgie im Allgemeinen großes Interesse haben.

Die Erze im Allgemeinen und die Kupfererze insbesondere enthalten gewöhnlich eine bedeutende Menge nutzloser Substanzen und haben daher einen weit geringern Werth als eine gleiche Gewichtsmenge von dem Metall, welches sie enthalten. Um die Ausgaben zu ersparen, welche ein weiter Transport dieser Materialien herbeiführen würde, werden daher die Erze im Allgemeinen in der Nähe der Gruben zu Gute gemacht und es liegen die Schmelzhütten so, daß die Förderung von diesen zu jenen auf wohlfeilen Verbindungswegen und im Verein mit möglichst vortheilhaften natürlichen Bedingungen für den Schmelzprozeß bewirkt werden kann. Unter diesen Verhältnissen befinden sich die großen Kupferschmelzhütten am Altai, Ural, in Schweden, Norwegen, Ungarn, Tirol, im nördlichen Deutschland; überall in diesen großen Bergrevieren ist die Lage der Hütten durch die der Erzlagerstätten bestimmt; selten liegen beide 50 Kilometer von einander, gewöhnlich unter 10.

In dem Fürstenthum Wales lagen die Hütten anfänglich unter ähnlichen Verhältnissen mitten zwischen den vielen Gruben an den Küsten von Cornwall und Devonshire, in Wales, Irland und auf der Insel Man ꝛc. Die Erze werden auf dem Meere auf Entfernungen transportirt, die 100 bis 400 Kilometer betragen, die jedoch nicht mehr Kosten verursachen, als zehnmal geringere Entfernungen auf dem Festlande.

Seit 20 Jahren hat sich aber diese alte Ordnung der Dinge auf eine bemerkenswerthe Weise verändert; die glücklichen natürlichen Verhältnisse, welche der Boden in Wales vereinigt; der hohe Grad von Vollkommenheit, den die Hüttenprozesse in jener Provinz erlangt haben; der ungeheure Seehandel, der Großbritannien gewissermaßen mit allen handeltreibenden Ländern in Verbindung setzt; endlich der große Unternehmungsgeist der englischen Handelswelt haben den Kreis, aus welchem sich die Waleser Hütten mit Material versehen, nach und

nach so ausgedehnt, daß derselbe die ganze Erde umfaßt. Selbst wenn die inländischen Erze einmal fehlen sollten, können die Waleser Schmelzhütten aus den Erzen von den europäischen Küstenländern, von der Insel Cuba, aus Mexiko, Columbien, Peru, Chili, Australien, Neuseeland, noch viermal mehr Kupfer produziren, als die wichtigsten Werke des europäischen Festlandes. In ihrem jetzigen Zustande, in dem sie einheimische und ausländische Erze zu Gute machen, bringen sie mehr Kupfer in den Handel, als alle übrigen Schmelzhütten der alten und der neuen Welt. Ein Theil von dem Zweck des vorliegenden Werkes besteht darin, alle die Umstände kennen zu lernen, welche zu einer so bemerkenswerthen Entwickelung der Industrie Veranlassung gegeben haben.

Einfluß der Schmelzhütten in Wales und des britischen Zolltarifs auf den Kupferhandel. — Großbritannien verbraucht etwa nur das aus seinen eigenen Erzen ausgebrachte Kupfer. Schon seit langer Zeit exportirt es einen bedeutenden Theil von diesem Metall. Es konnte die fremden Erze nur unter der Bedingung einführen, alles daraus gewonnene Kupfer wieder auszuführen. Bis zum Jahre 1842 stand die britische Industrie gewissermaßen als Zwischenglied zwischen den Erzproducenten und den Kupferconsumenten; sie begnügte sich damit, als Preis dieser Intervention alle Vortheile zu genießen, welche mit dem Transport, so wie mit der hüttenmännischen Behandlung der Erze, oder mit der Magazinirung, dem Transport und dem Verkauf des ausgebrachten Kupfers verbunden sind. Seit jener Zeit sicherte die englische Regierung dem Staatsschatz noch directere Vortheile von dem Transit des Kupfers auf den englischen Boden, als die nothwendig aus dieser großen commerciellen und industriellen Bewegung hervorgehende ist. Ein bedeutender Eingangszoll auf alle eingeführten Erze bildet ein Factum, welches in der Geschichte des Handels ohne Beispiel ist, nämlich eine Abgabe für die fremden Producenten und Consumenten auf ein Product, welches nicht auf den inländischen Markt gelangen kann. Dieser Eingangszoll trifft hauptsächlich einer Seits die amerikanischen Bergwerksbesitzer, welche den größten Theil der eingeführten Erze liefern, und die französischen Fabrikanten, welche seit 10 Jahren $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$, ja zuweilen $\frac{3}{4}$ von dem Kupfer verbrauchen, welches in England aus diesen Erzen gewonnen wird. Es wird in dem vorliegenden Werke (XV.) eine Auseinandersetzung dieser Zollverhältnisse gegeben, deren Betrag die europäische Industrie noch nicht gehörig begriffen zu haben scheint; ich stelle Untersuchungen darüber an, ob dieser ungeheure Kupferhandel, der unabhängig von dem Boden Englands ist, in dem natürlichen Verlauf der Dinge diese übertriebene Anforderung in der englischen Gesetzgebung bedarf, und ich beweise, daß namentlich die französischen Gewerbe sich ihr leicht entziehen können.

Allgemeine Betrachtungen über die Metallurgie, entnommen aus speciellen, in diesem Werke beschriebenen Thatsachen. — Diese Studien, die hauptsächlich in der Absicht unternommen wurden, um auf die Fortschritte der metallurgischen Gewerbe einzuwirken, haben mich auf verschiedene Folgerungen geführt, welche von Interesse für den Naturforscher zu sein scheinen. Wirklich bietet diese neue Schrift mehre neue Thatsachen zur Unterstützung dar, die ich an einem andern Orte[1]) zu entwickeln Gelegenheit gehabt habe und welche die wirklichen Mittel für die Fortschritte der Metallurgie, so wie die Hülfe, welche

[1]) Ueber die Darstellung des zur Stahlfabrikation angewendeten Stabeisens im nördlichen Europa, und über den Handel mit demselben und seine weitere Benutzung. Berg- und Hüttenmänn. Zeitung. Jahrg. 1847, S. 1 rc.

diese den übrigen beobachtenden Wissenschaften gewähren kann, darbietet. Da der besondere Zweck des vorliegenden Werks mich nöthigt, diese Thatsache ohne Commentar darzustellen, so versuche ich es in der Einleitung, sie im Voraus durch einige allgemeine Betrachtungen unter einander zu verbinden.

Das genauere Studium der Wissenschaften hat hauptsächlich den Zweck, deren Unvollkommenheiten an's Licht zu stellen, und in der Geschichte jeder Wissenschaft bieten sich oft Epochen dar, in denen diese Darstellung der Mängel das beste Mittel zum Fortschreiten ist. Die Ruhe, welche durch die Theorie von den vier Elementen veranlaßt worden, war offenbar eins von den Hindernissen bei der weitern Entwickelung dieser Wissenschaft, und eben so war die Nachweisung der Unrichtigkeit dieser Theorie ein bedeutendes Mittel zu den weitern großen Fortschritten. Die Metallurgie, welche von den Erscheinungen in den Hütten, in denen die Darstellung der Metalle erfolgt, handelt, scheint zu einer von diesen Epochen gelangt zu sein.

Verhältniß der Metallurgie zu den physischen Wissenschaften. — Vergleicht man die Metallurgie mit den Wissenschaften, die ganz besonders in Berührung mit ihr stehen, mit der Chemie, der Pharmacie, der Physik &c., so findet man, daß sie seit den ersten Zeiten der Civilisation den entschiedenen Vortheil hat, in Beziehung auf ihre Fortschritte durch den Einfluß der Dinge selbst, in den Händen von Leuten zu sein, die weniger als die Andern von den angenommenen Begriffen beherrscht werden, dagegen aber von einem der stärksten Mittel für den Menschen, nämlich dem Bestreben nach Gewinn stets dazu angeregt werden, das Wahre auf experimentellem Wege zu suchen und dabei stehen zu bleiben, wenn es gefunden ist. So wurden lange vor Christi Geburt fast alle die Erscheinungen der Physik, Mechanik und Chemie, welche der Darstellung der Metalle als Basis dienen, entdeckt. So zeigen z. B. die großen Schlackenhaufen an den Ostküsten Spaniens, daß die ersten Silberhüttenprozesse daselbst genau nach denselben Grundsätzen ausgeführt wurden, welche noch jetzt im Gebrauch sind. Wenn man nun bedenkt, daß die Phönizier, als sie eilf Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung dort landeten, das Silberhüttenwesen schon in einem blühenden Zustande trafen, so muß man die Wirksamkeit einer Erfindungsmethode bewundern, welche bereits bei einem in anderer Beziehung so wenig vorgeschrittenen Zustande der menschlichen Gesellschaft einem der verwickeltsten und schwierigsten Hüttenprozesse das Dasein gegeben hatte, während die Geschichte der Erfinder nicht auf die Nachwelt gelangt ist. Die meisten Fundamentalerscheinungen der Metallurgie waren entdeckt und auf die menschlichen Bedürfnisse regelmäßig angewendet, ehe die eigentlichen Naturwissenschaften selbstständig waren. Sie haben daher der Metallurgie keine Hülfe geleistet; im Gegentheil gingen die ersten Beobachter, welche in Betracht der eigenthümlichen Reaktionen gewisser Körper der Chemie das Dasein gaben, bei ihren Untersuchungen fast stets von metallurgischen Thatsachen aus.

Jedoch erlitt dieses Verhältniß der Metallurgie zu den eigentlichen physischen Wissenschaften am Ende des letzten Jahrhunderts glücklicher Weise eine Veränderung. Seitdem die Entdeckung der Zusammensetzung der Luft die auf der Erdoberfläche vor sich gehenden Erscheinungen richtiger und genauer erklärt hatte, nahm die Chemie die hohe Bedeutung in der ganzen physischen Welt an. Sie leistete der Metallurgie dieselbe Hülfe, welche diese ihr gewährt hatten und gab die wissenschaftliche Erklärung von sehr vielen Thatsachen, welche bisher nur durch die Erfahrung bestätigt worden waren. Indem sie die einfache, Verhältnisse zwischen diesen Thatsachen nachwies, gestattete sie eine weit genü-

gendere Beschreibung und Erklärung der metallurgischen Erscheinungen, als es dann der Fall war, als sie noch eine Reihe von isolirt dastehenden Prozessen waren. Endlich gab sie der theoretischen Hüttenkunde oder Metallurgie den festen Grund, den die Arbeiten von Berzelius, Karsten, Sefström u. s. w. haben. Seit der Zeit hat die Chemie nie aufgehört, dieser Wissenschaft wesentliche Hülfswissenschaft zu sein.

Haupt-Unterschied zwischen Chemie und Metallurgie. — Wie es aber stets der Fall ist, wenn sich dem menschlischen Geist ein neuer Weg eröffnet hat, so wurde in mehren Fällen der Einfluß der Chemie, sowohl auf die eigentlichen Wissenschaften, als auch auf andere Zweige der menschlichen Wirksamkeit überschätzt, und hauptsächlich wurde dies bei der Metallurgie fühlbar. Da man sah, daß die Chemie im Stande war, gewisse Erscheinungen, die sich auf die Production der Metalle bezogen, und auf welche die Gelehrten schon seit langer Zeit ihre Aufmerksamkeit gerichtet hatten, so gut zu erklären, so wurden die Chemiker nach und nach zu der Meinung veranlaßt, daß es nun auch mit der ganzen Metallurgie der Fall sein müsse. Man hat daher oft angenommen, daß die eigentlichen chemischen Kenntnisse die Erklärung aller metallurgischen Sätze mit umfasse und hat daher die Metallurgie als ein Corollarium der Chemie angesehen, welches man zuweilen dadurch ausgedrückt hat, wenn man sagte, die Metallurgie sei nichts weiter, als die praktische Chemie im Großen.

Eine aufmerksame Betrachtung der Hütten zeigt aber sehr bald die Unrichtigkeit dieser Ansicht; sie zeigt, daß die metallurgischen und die Prozesse der Experimentalchemie sich nicht allein durch den Maßstab derselben, sondern auch durch wesentlich verschiedene allgemeine Prinzipien und Wirkungsmittel unterscheiden. Es muß auch außerdem noch berücksichtigt werden, daß die meisten physischen Erscheinungen, welche sich bei den Hüttenprozessen zeigen, bis jetzt nur in den Schmelzhütten sich zeigen und seit undenklichen Zeiten gezeigt haben. Es ist daher noch kein Gelehrter im Stande gewesen, die Verbindung zwischen diesen gewöhnlich sehr verwickelten Thatsachen und den Grundgesetzen der physischen Wissenschaften genau studiren zu können.

Kurz, obgleich die Chemie kostbare theoretische Ansichten von gewissen metallurgischen Prozessen, deren Kenntniß auch außerhalb der Hütten bekannt ist, gewährt hat, so würde man dennoch die Wissenschaft und das Gewerbe auf Abwege führen, wenn man behaupten wollte, unsere jetzigen chemischen Kenntnisse schlössen auch die ganze Metallurgie in sich. Eine solche Annahme würde eben so nachtheilig für die Fortschritte der Gewerbe und der menschlichen Kenntnisse sein, wie es Jahrhunderte hindurch die Theorie von den vier Elementen war.

Um begreiflich zu machen, daß die Metallurgie durchaus kein Corollarium der Chemie sei, ziehen wir die Aufmerksamkeit unserer Leser auf folgende Thatsachen.

Obgleich mehre berühmte Chemiker, wie z. B. Thénard und Dumas, in ihren vollständigen chemischen Werken, die wichtigen chemischen Reaktionen, die in den Hütten vor sich gehen, auseinander zu setzen nicht unterlassen konnten; obgleich sie in diesen Werken allgemeine Uebersichten von den wichtigsten bekannten Hüttenprozessen gaben: so hüteten sie sich doch wohl, die Darstellung eines jeden Metalles als eine Folge der chemischen Eigenschaften desselben annehmen zu wollen. Sie haben die Metallurgie als ein besonderes Ganzes abgehandelt, welches für sich allein ein Werk bilden konnte und ohne in dem übrigen Theil des chemischen Lehrbuchs eine wesentliche Lücke hervorzubringen.

Sie haben dadurch gezeigt, welche große Verschiedenheiten zwischen den Reichen der Chemie und der Metallurgie existirten.

Es ist demnach, wie schon vorhin bemerkt, eine unumstößliche Wahrheit, daß die metallurgischen Erscheinungen bis jetzt von den Gelehrten kaum halb erklärt sind, daß man sie bis jetzt meistens nur in den Hütten selbst kennt. Es ist daher kaum wahrscheinlich, daß a priori eine wissenschaftliche Auffassung so verwickelter und schwierig zu beobachtender Thatsachen nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse von Nutzen sein könnte. Die seit einem halben Jahrhundert durch solche Versuche herbeigeführten Täuschungen haben außerdem das Unvermögen solcher Auffassungen auf experimentellem Wege oft genug bewiesen. Leute, die in dieser Hinsicht den reinen Wissenschaften eine Einwirkung zuschreiben, die sie noch nicht erlangt haben, würden wahrscheinlich stark erstaunen, wenn sie eine Aufzählung der nutzlosen Versuche sehen könnten, die durch nicht genaue und unvollständige Theorien in vielen ganz gewöhnlichen Zweigen des Hüttenwesens, z. B. bei der Verkohlung, bei der directen Darstellung des Stabeisens, bei der Stahlfabrikation 2c. gemacht worden sind.

Ja es hat die Unrichtigkeit der Theorie manchen Hüttenprozeß aufgehalten. So ist z. B. die Anwendung der erwärmten Gebläseluft in den Schachtöfen meines Wissens das einzige neue Prinzip, welches seit einem halben Jahrhundert in dem Hüttenwesen eingeführt worden ist, nur von Praktikern und gegen die in dieser Hinsicht herrschende theoretische Ansicht gemacht worden.

Künftige Fortschritte der Metallurgie, der Beobachtung der Thatsachen untergeordnet. — Es wird ganz anders sein, wenn wir die Hüttenprozesse besser kennen werden und wenn man sich mit Hülfe der physischen Wissenschaften eine minder unvollkommene Theorie davon bilden kann. Es ist um so mehr zu hoffen, daß die wissenschaftlichen Darstellungen zweckmäßige Mittel zu Verbesserungen gewähren werden, da bis zum heutigen Tage das Hüttengewerbe sich durch eine Erfindungsmethode und unter gänzlich verschiedenen Einflüssen entwickelt hat. In der Metallurgie, so wie bei den meisten übrigen Zweigen der menschlichen Kenntnisse, fehlen uns Beobachtungen.

Schwierigkeiten metallurgischer Beobachtungen. — Betritt man aber mit dieser Absicht die Hütten, so wird man sehr bald das Schwierige der Beobachtungen erkennen, selbst dann, wenn man diejenigen Schwierigkeiten überwunden hat, die aus der außerordentlichen Verwickelung des Gegenstandes entstehen und wenn man nur einen Zweig des Hüttenwesens untersucht. Außer den Schwierigkeiten, welche alle Beobachtungswissenschaften darbieten, wird der Metallurg auf jedem Schritte von drei Hindernissen aufgehalten, welche weder der Physiker und Chemiker, noch der Naturhistoriker kennen; es sind diese: die geographische Entfernung der Hütten, die Renitenz der Hüttenbesitzer, welche sich durch Bekanntwerden ihrer Prozesse beeinträchtigt glauben, und endlich die Schwierigkeit einer Verbindung des Beobachters mit den Arbeitern, die allein die Thatsachen genau kennen.

Man erklärt es sich beim Anblick der Hütten sehr leicht, daß so viel Hindernisse die Theoretiker von den wahren Quellen der Wahrheit entfernt halten mußten; daß man es daher im Allgemeinen für bequem gehalten hat, die Metallurgie auf einige theoretische Begriffe zu begründen, die weit eher von den physischen Wissenschaften, als von Thatsachen, welche in den Schmelzhütten beobachtet worden, entlehnt sind.

Falsche Begriffe der Alten über die Einwirkung der Arbeiter bei den metallurgischen Erscheinungen. — Was den Fortschritten der theoretischen

Metallurgie, und folglich auch den Fortschritten, die eine vollständigere und richtigere Theorie in der Kunst hätte herbeiführen können, bis auf den heutigen Tag besonders nachtheilig gewesen, ist die falsche Meinung über die Vermittelung der Arbeiter bei den metallurgischen Erscheinungen. Bei der Meinung, welche die Alten von der Ausübung der Gewerbe und besonders von der Gewinnung der Metalle hatten, war es natürlich, daß die Freien ihre Aufmerksamkeit von einer verächtlichen und gewissermaßen ruchlosen Beschäftigung gänzlich abwendeten. Diese Unwissenheit in den Thatsachen mußte natürlich den Gedanken veranlassen, daß sich Niemand freiwillig so gemeinen, so wie auch obendrein gefährlichen und schwierigen Arbeiten widmen könne. Daher erklärt man es sich, daß man in den Schriften des Alterthums, die sich gänzlich mit dem Studium der physischen Erscheinungen beschäftigen, nichts über die Hüttenprozesse findet, weil man annahm, daß die Beschäftigungen einer verachteten Menschenklasse nichts darbieten könnten, was der Aufmerksamkeit werth sei. Es ist eine der werthvollsten Eroberungen der neuen Philosophie, selbst das Prinzip der Arbeit zu Ehren gebracht zu haben; so daß die Freien, die Gebildeten der Jetztzeit die Gewerbe von einem ganz andern Standpunct aus betrachten als die Alten. Jedoch wird die Reform in den Begriffen erst dann vollständig sein, wenn man gezeigt haben wird, daß die Arbeiten in den Werkstätten nicht allein nützliche und schätzbare Dinge sind, sondern daß sie auch außerdem durch sich selbst einen hohen philosophischen Werth haben. Was nun insbesondere die Metallurgie betrifft, so müssen wir nachweisen, daß die Tausend von Erscheinungen, welche den Gelehrten unbekannt sind, die aber seit 30 Jahrhunderten in den Hütten vorkommen, sowohl unter einander, als auch mit den großen Naturgesetzen in einem wunderbaren Zusammenhange stehen, welche die Wissenschaft kaum erst zu begreifen beginnt. Wir müssen noch beweisen, daß die Arbeiter, welche diese Erscheinungen mit so großer Genauigkeit reproduciren, die wahren Bewahrer der seit Anfang der Civilisation angehäuften Erfahrung sind. Eine funfzehnjährige Beobachtung in den hauptsächlichsten Hütten Europas hat mir den Beweis geliefert, daß die von den Schmelzern ausgeführten physikalischen, chemischen und mechanischen Reaktionen durchaus nicht zufällig, sondern gewöhnlich die Resultate der sinnreichsten Combinationen sind; daß sie eben so gut die Aufmerksamkeit der Forscher verdienen, als diejenigen, welche durch die Naturkräfte hervorgebracht werden; endlich, daß sie eben so gut wie diese letztern zu der Kunde jener großen Gesetze führen können, deren Entdeckung den Menschen immer mehr und mehr zur Herrschaft über die physische Welt führt. Uebrigens bin ich der Meinung, daß die Erfahrung der Arbeiter der Wissenschaft sehr bedeutende Schätze aufschließt und daß nichts im Stande sein würde, selbst aus dem rein wissenschaftlichen Gesichtspunkte, der aufmerksamen, genauen und philosophischen Beobachtung ihrer Arbeiten hinzuzufügen.

Die Meinung der Alten ist noch nicht gänzlich aufgegeben. — Zum Nachtheil für die Fortschritte dieser Begriffe, giebt es in der modernen Gesellschaft noch einen Reflex von der Meinung, welche die Alten von dem Bergbau und dem Hüttenwesen hatten. So habe ich z. B. bei vielen aufgeklärten Leuten die Ueberzeugung gefunden, daß der jetzige außerordentliche Aufschwung der sibirischen Bergwerke von der fortwährenden starken Unterdrückung der Bevölkerung herrühre. Diese Leute sind daher sehr wenig zu der Annahme geneigt, daß die Hüttenprozesse Sibiriens, welche von tüchtigen Praktikern jener Länder geschaffen worden sind, in manchen Beziehungen einen Grad der

Vollkommenheit erreicht haben, den man in keinem andern Lande auf der Erde findet. Die Beibehaltung solcher Begriffe in der Mitte des 19. Jahrhunderts erklärt mir auf das Vollständigste die wenig genauen Eindrücke, welche die alten Schriftsteller in Beziehung auf die physische und moralische Lage der Hütten-Arbeiter, so wie auch über den Grad der Vollkommenheit ihrer Arbeiten fortgepflanzt haben. Man darf sich nicht wundern, daß Plinius vor 18 Jahrhunderten über die Hüttenleute in Spanien, Gallien, Macedonien, Attika rc. dieselben Begriffe hatte, welche man noch jetzt im Westen Europas über die sibirischen Hüttenleute hat, Begriffe, die man selbst in den Schriften von Leuten findet, die Rußland durchreiset haben.

Uebertriebene Begriffe von der praktischen Einwirkung der reinen Wissenschaften in ihrem jetzigen Zustande. — Auch noch eine andere Ursach hat die Aufmerksamkeit von den wahren Quellen der Beobachtung abgelenkt: es ist dies nämlich die schon erwähnte falsche Meinung über die Rolle, welche die reinen Wissenschaften bei der Leitung und Vervollkommnung des Hüttenwesens übernehmen können. Dadurch mußte man nothwendig veranlaßt werden, die Wichtigkeit der Arbeiter zu verkennen. Zuvörderst haben die durch eine falsche und unvollständige Theorie veranlaßten Ueberzeugungen die Theoretiker stets verhindert, das Eingreifen der wahren Experimentatoren in der Metallurgie richtig anzuerkennen und durch die Beobachtung der Arbeiten selbst, zu dem richtigen Standpunct geführt zu werden. Da ferner die nach dieser Theorie unternommenen Verbesserungs-Versuche von der Erfahrung stets verdammt wurden, so hat dasselbe Vorurtheil die Theoretiker stets dahin geführt, behaupten zu wollen, daß der schlechte Erfolg der Ungeschicklichkeit, dem schlechten Willen und, wie man sich ausdrückt, der Routine oder Empyrie der Arbeiter zugeschrieben werden müsse. Man hat sich daher daran gewöhnt, darin ein Hinderniß zu sehen, was die Hauptkraft der Gewerbe bildet, die intelligente Vermittlung des Menschen. Daher die so häufigen Tendenzen in einer gewissen industriellen Schule, die sich in dem Grundsatze einigen, daß man die gewerblichen Prozesse so viel als möglich von der Geschicklichkeit und Intelligenz der Arbeiter unabhängig machen müsse. Dieß sind die gewöhnlichen Folgerungen von Meinungen, welche die Erfahrung unberücksichtigt lassen. Leute, die da behaupten, man könne Gewerbe, die von 30 Jahrhunderten herrühren, einer kaum erschaffenen Theorie unterordnen, sind nicht allein unfähig, die jetzigen Methoden zu verbessern, sondern sie halten auch die Gewerbe auf, einerseits, indem sie dieselben nach einem chimärischen Ziel richten und andererseits, wenn sie ein Verkennen der ihr eigenthümlichen Hülfsquellen veranlassen. In diesem Sinne allein können sehr viele, durch unsinnige Versuche zu Grunde gerichtete Gewerbtreibende mit Grund versichern, daß die Praxis mehr Werth habe, als die Theorie. Diese gerechte Verdammung einer falschen Wissenschaft muß jedoch nicht auf die Theorie ausgedehnt werden, welche aus der Erfahrung abgeleitet wird, welche alle Thatsachen erklärt und nie im Widerspruch mit der Praxis steht.

Das genauere Studium der Hüttenprozesse muß nothwendig richtigere Begriffe von dem wahren Werth der Erfahrung und von der wissenschaftlichen Wichtigkeit der Arbeiter geben. Was mich anbelangt, so habe ich schon längst die Unzulänglichkeit der theoretischen Ansichten erkannt, welche die Praxis der Werkstätten zu verdammen schien, und wenn ich mir genauere Kenntnisse erworben habe, so verdanke ich dies allein den guten Verhältnissen, in denen ich

mit den Arbeitern stehe.[1]) Bei sehr vielen Gelegenheiten habe ich die Geschicklichkeit und die Intelligenz der Hüttenarbeiter wahrhaft bewundern müssen. Es ist dies ein der Aufmerksamkeit sehr werther Umstand, daß Menschen, denen anscheinend jede intellectuelle Bildung fehlt, mit einem eigenthümlichen Takt die geringsten Nuancen von den Erscheinungen wahrnehmen, deren Existenz die reine Wissenschaft bis jetzt noch gar nicht einmal vermuthet hat. Es ist dies der nähern Beleuchtung sehr würdig, und meiner Meinung nach besteht hierin die wahre Philosophie des Hüttenwesens. Obgleich es hier zu weitläufig sein würde, fernere Betrachtungen hierüber anzustellen, so werden die Leser die Bestätigung dieser Ansichten doch in der Beschreibung der Hüttenprozesse finden, die den eigentlichen Gegenstand dieses Werkes bilden.[2]) Es ist daher beschämend für die Schriftsteller, die Kenntnisse intelligenter Hüttenleute, die auf eine genaue und scharfe Beobachtung und Auffassung ihrer Arbeiten gestützt waren, für bloße Routine oder Empyrie zu halten.

Philosophischer Werth der Metallurgie im Vergleich zu andern menschlichen Kenntnissen. — Diese Meinung von dem philosophischen Werthe vieler Gewerbe und besonders der Metallurgie, ist aber schon seit langer Zeit bei ausgezeichneten Männern herrschend gewesen. So finden wir sie bereits in den ausgezeichneten metallurgischen Werken des Schweden Emanuel S w e d e n b o r g, in seinen beiden Monographien des Kupfers und des Eisens (in lateinischer Sprache, Dresden und Leipzig 1734 erschienen). Swedenborg hatte zu Anfang des vorigen Jahrhunderts die meisten und bekanntesten europäischen Hüttenwerke besucht und gelangte bereits ein Jahrhundert früher als ich, mittelst Beobachtung der Thatsachen, zu derselben Meinung und suchte ein ähnliches literarisches Unternehmen auszuführen. Es lassen sich daher die Betrachtungen, die ich hier vorgetragen, nicht besser zusammenfassen, als wenn ich die nachstehende Stelle mit Swedenborgs eigenen Worten anführe, in welchen er den hohen Standpunct, zu welchem die Metallurgie, auch abgesehen von ihrem Nutzen, in wissenschaftlicher Hinsicht berufen ist, sehr gut charakterisirt.

»Die Künste, deren Gegenstand die Verschmelzung mehrer Erze ist, dienen nicht allein zum Nutzen des Menschen . . ., sie gewähren uns auch einen reichen Schatz der Erfahrung, gleich wie es die Chemie mittelst ihrer Oefen und andern Werkzeuge thut. Welche Verschiedenheiten bieten nicht allein die Methoden dar, welche bei Behandlung der Erze mit dem Feuer angewendet werden; die Flußmittel und die Reggentien aller Art, die den Erzen und den Metallen zugesetzt werden; die Oefen, welche zum Schmelzen der strengflüssigsten Erze und dazu dienen, den Metallen den möglichsten Grad der Reinheit zu verschaffen! Sie bieten eine unzählige Menge von Geheimnissen dar, die der gelehrten Welt unbekannt sind, die aber die Schmiede, die Schmelzer und andere Arbeiter derselben Art recht gut kennen, Menschen, die verachtet sind, denen gewissermaßen das Sonnenlicht entzogen ist, die wegen ihres geschwärzten Gesichts den Cyklopen gleichen, von denen anscheinend weder Genauigkeit, noch Scharfsinn zu erwarten ist. Allein ihr nur praktisches Wissen ist auf die Erfahrung und auf gehörig bewiesene Thatsachen begründet, und in dieser Beziehung hat es den Vorzug vor vielen andern Kenntnissen oder ist ihnen wenigstens gleich. Jedenfalls ist hier die Wissenschaft und Kunst Eins; es folgt demnach daraus, daß man hier mehr als anderwärts deutliche und sichere

---

[1]) Der Uebersetzer kann ganz dasselbe versichern.
[2]) Besonders in den Abschn. 3, 4, 6, 8, 12. ꝛc.

Ansichten von verschiedenen Naturerscheinungen findet, besonders wenn die Metallurgie mit der Chemie genau verbunden ist, wenn sich beide Wissenschaften ihre befreundeten Hände reichen, wenn beide auf dasselbe Ziel losgehen.«

Die Beschreibung der Waleser Kupferhütten giebt viele Beweise für diese allgemeinen Ansichten. — Indem ich aus den, zu einem allgemeinen metallurgischen Werke, dessen baldige Herausgabe mich beschäftigt, gesammelten Thatsachen diese Beschreibung der Kupferhüttenprozesse in Wales entnehme, habe ich mir vorgenommen, den Gewerben und dem Handel Nachweisungen zu gewähren, die sehr zweckmäßig zu sein scheinen, und dabei mittelst eines besondern Beispiels die allgemeinen Ansichten kurz zu entwickeln, die ich anderwärts vollständiger auseinander setzen werde. Da ich hauptsächlich zu beweisen mir vorgenommen habe, daß es zweckmäßig sei, die Art und Weise der Beobachtungen zu vervollkommnen, um die Metallurgie zu der ausgezeichneten Stellung zu erheben, die ich für sie unter den menschlichen Kenntnissen voraussehe, bin ich aber auch der Meinung, daß man sich auf diese Allgemeinheiten nicht beschränken müsse; daß unter ähnlichen Umständen das beste Mittel zur Feststellung der Ueberzeugung, den angegebenen Zweck nur einmal für einen besondern Fall anschaulich zu machen und dann zu beweisen, daß dieser Zweck von einem eifrigen Beobachter stets erreicht werden könne.

Unter den von mir genauer untersuchten Hüttenprozessen hat der in Wales übliche, in dieser Beziehung dem in Absicht stehenden Zweck besser zu entsprechen geschienen, als jeder andere. Die Lage dieser Hütten in einem fremden Lande, die bekannten Gewohnheiten der englischen Gewerbe in Beziehung auf die Veröffentlichung der Verfahrungsarten, stellen der Beobachtung der Erscheinung alle Schwierigkeiten entgegen, die der Hüttenmann nur irgendwo zu überwinden haben kann. Die Schmelzhütten in Wales machen unendlich verschiedenartigere Erze zu Gute, als irgend andere; die dort üblichen Prozesse sind, wegen ihrer Vielartigkeit, Verwickelung und ihre Details, so wie in der Unregelmäßigkeit ihres Ineinandergreifens, so schwierig[1]), wie man es selten bei andern Zweigen der Metallurgie findet. Anderntheils in der Mitte des civilisirten Europas liegend, in Berührung mit großen wissenschaftlichen Brennpuncten, häufig von den Gelehrten aller Länder besucht, scheint dieser Bergwerksdistrikt a priori für die Auffindung neuer Erscheinungen und Prinzipien für die Wissenschaften nicht mehr Chancen darzubieten, als jeder andere. Wenn demnach wissenschaftliche Untersuchungen in Wales ausgeführt werden konnten, wenn sie Thatsachen enthüllt haben, deren Kenntniß das Bereich der physischen Wissenschaften in gewissen Beziehungen ausdehnt; so dürfen wir auch annehmen, daß ein solches Studium in jedem andern Falle weder schwieriger, noch minder lohnend sein werde. Es könnte dies Beispiel die Wichtigkeit analoger Arbeiten in allen Zweigen der Metallurgie nachweisen und könnte vielleicht dazu beitragen, den Kräften der Beobachter häufiger diese Richtung zu geben.

Zur Beobachtung angewendete Mittel; Ausführung und allgemeiner Plan dieses Werks. — Die in dem vorliegenden Werke dargestellten Thatsachen sind die Früchte dreier, in den Jahren 1836 bis 1843 unternommener Reisen und besonders eines längern Aufenthalts in den Waleser Hütten am

---

[1]) Dies fand schon Jars, einer der Begründer der französischen Schule der Metallurgie, der große Reisen durch die wichtigsten Bergdistricte Europas machte und dessen „Metallurgische Reisen; deutsch von C. A. Gerhard, Berlin 1774 — 1785, in 4 Bänden", noch jetzt zu den schätzenswerthen Werken gehören, besonders in der vervollständigten deutschen Ausgabe.

Ende des Jahres 1842. Eine fortwährende Correspondenz und stete Beziehungen zu wohl unterrichteten Leuten haben es mir gestattet, stets mit dem neuesten Stande des dortigen Kupferhüttenwesens bekannt zu bleiben. Die mit den metallurgischen stets gemeinschaftlich mitgetheilten chemischen Resultate sind die Früchte fünfjähriger Untersuchungen über die 1842 selbst gesammelten zahlreichen Producte. Sobald mir aber das Resultat einer Analyse nicht genügend erschien, wiederholte ich sie mit neuerlich gesammelten Substanzen.

Die Grundsätze, welche mich hier geleitet haben, sowohl bei den Beobachtungen, als auch bei den Prüfungen und Beschreibungen der Thatsachen, habe ich nicht zu entwickeln für nöthig gehalten; jedoch lassen sich die meisten derselben aus meiner Arbeit und durch ihr Lesen leicht selbst deduciren. Wegen der Neuheit und der Verwickelung des Gegenstandes, habe ich jedoch stets das System der Untersuchungen und das Verfahren bei ihrer Berechnung, mittelst der man die obwaltenden genauen Verhältnisse bestimmen kann, so wie auch das Gewicht des Ganzen, als auch das der Bestandtheile, sowohl bei den Materialien, als auch bei allen Hüttenproducten, angeben zu müssen geglaubt. In dieser Beziehung verweise ich besonders auf den Abschn. XIII.

Fast glaube ich nicht hinzufügen zu müssen, daß ohnerachtet der großen von mir beachteten Sorgfalt, ich dennoch weit entfernt bin, die gemachten Angaben für vollständig zu halten. Die metallurgischen Thatsachen sind an und für sich so verwickelt, sie haben mit den speziell physikalischen und chemischen einen so genauen Zusammenhang, daß jede zu einem guten Ende geführte Untersuchung die Zweckmäßigkeit vieler andern nachweiset. Um aber die Vollendung dieser Arbeit nicht gar zu lange aufzuhalten, durfte ich mich nur an Hauptsachen halten und mußte meinen Untersuchungen Schranken setzen, ohne das Interesse derer zu verkennen, die ich unberücksichtigt lassen mußte.

Auch mußte ich meine Untersuchungen noch aus dem Grunde beschränken, um meiner Arbeit nicht eine verhältnißmäßige Ausdehnung zu geben, und vielleicht habe ich diesen Fehler doch nicht gänzlich vermieden. Jedoch muß ich in dieser Beziehung gestehen, daß bei solchen Verwickelungen, wie sie die Waleser Methode zeigt, Kürze und Vollständigkeit zu gleicher Zeit fast gar nicht erreicht werden können. Es ist dies aber bei jeder Arbeit der Fall, die aus dem Gesichtspunct einer technischen Anwendung geschrieben worden ist. Der Praktiker, der ein neues Verfahren anwenden will und dabei eine Beschreibung wie die vorliegende zum Führer nimmt, wird sie weit eher zu kurz als zu weitläufig finden. Man darf daher in solchen Fällen die Forderungen der Gewerbe nicht den Regeln der Literatur unterordnen wollen.

Die Rubra an dem Kopf der verschiedenen Paragraphen weisen den Plan nach, den ich bei der Redaction dieses Werkes befolgt habe. Im Abschn. I. setze ich die Haushaltsverhältnisse der Waleser Schmelzhütten auseinander, und es wird dort von dem Arbeiterpersonal, von dem Ankauf und Transport der Erze, den Brennmaterialien, den Zuschlägen, so wie den sonstigen Materialien und Reagentien geredet. Im II. Abschn. werden die charakteristischen Kennzeichen der den Waleser Hütten eigenthümlichen Betriebsmethoden, so wie die Classificirung der von allen Theilen der Erde herrührenden, sehr verschiedenartigen Erzen bei diesem Betriebe, auseinander gesetzt. Den Abschn. III. bis XII. haben die wissenschaftliche Beschreibung und die Theorie der zehn verschiedenen Prozesse der Waleser Methode, zum speziellen Zweck. In Abschn. XIII. entwickele ich einige allgemeine Grundsätze, mittelst denen man der Beschreibung der metallurgischen Erscheinungen jene Genauigkeit geben kann, die das wesentliche Mittel der Fortschritte

aller Wissenschaften ist, die aber der Metallurgie bis jetzt gemangelt hat. Als Anwendung dieser Grundsätze stelle ich alle metallurgischen Reactionen der Waleser Methode in einer Reihe von Tabellen zusammen, in denen man das relative Verhältniß und die Elementar-Zusammensetzung aller, bei den zehn Prozessen angewendeten und vorkommenden Substanzen findet. In Abschn. XIV. werden die Hüttenkosten, welche 1 Tonne Erz veranlaßt, mit allen Details angegeben; dieses Resultat ist das einzige Criterium, dessen man sich bedienen kann, um den relativen Werth der verschiedenen Hüttenprozesse sowohl in Beziehung auf Technik als Wissenschaft zu erkennen. Will man fortfahren, diese Art der Untersuchungen zu vernachlässigen, wie man es bis jetzt gar zu oft gethan hat, so würde die Wissenschaft sich ihres Hauptmittels der Ueberzeugung und der Controle berauben. Ich habe in dieser Beziehung mich möglichst der Wahrheit zu nähern gesucht: ich ziehe die Aufmerksamkeit des Lesers auf die Mittel zur Beobachtung und Berechnung, die ich bei dieser Gelegenheit angewendet habe, und hauptsächlich auf die Hülfe, die mir die Resultate des Abschn. XIII. leistete, um die Hüttenkosten der verschiedenen Classen von Erzen zu berechnen. Indem ich mich in Abschn. XV. auf einen allgemeinen Gesichtspunkt erhebe, gebe ich in demselben eine Uebersicht von den Beobachtungen, die ich seit 15 Jahren über den jetzigen Zustand der Production, des Handels und des Verbrauchs an Kupfer angestellt habe; ich rede von dem Einfluß, den die Kupferschmelzhütten Großbritanniens seit einem Jahrhundert und besonders seit 20 Jahren ausgeübt haben; ich rede auch von den Folgen der beschränkenden und lästigen Maßregeln für die europäischen Consumenten, welche England neuerlich getroffen hat; ich werfe endlich einen Blick in die Zukunft und verweile auch bei den Gründen, welche in der Folge die französische Industrie bestimmen müssen, einen Theil der fremden Erze selbst zu Gute zu machen, die jetzt England ausschließlich verschmelzt, um wenigstens einen Theil seines Kupferverbrauchs zu gewinnen.

Zwei Anhänge enthalten weitläufige Details, der erstere über die chemischen Untersuchungen, deren Resultate nach und nach in dem Verlaufe des Werks auseinander gesetzt worden sind; der zweite über die Construction der Oefen, so wie über die allgemeine Einrichtung einer Waleser Schmelzhütte. Es schien mir, als wenn die Verweisung dieser besondern Gegenstände auf das Ende des Werks Vortheil habe und daß daraus besonders mehr Deutlichkeit für die Erklärung der hauptsächlichsten Thatsachen hervorgehe.

I. Allgemeiner Zustand des Hüttenwesens.

Hütten, Erze, Zuschläge und Reagentien, Brennmaterialien, Arbeitslöhne 2c.

Geographische Verbreitung der Kupferhütten. — Die Gewinnung und die Zugutmachung der Erze bilden in England gewöhnlich zwei verschiedene Gewerbszweige, und meines Wissens sind sie bis jetzt nur an zwei Puncten, auf der Insel Anglesea und in Staffordshire vereinigt. Die in den andern Bergdistricten stattfindende Theilung, die sich auf dem Festlande selten findet, ist eine von den Ursachen, daß in England das Kupferhüttenwesen höher steht als anderwärts.

Seit einem Jahrhundert sind die stets von bestimmten Gruben unabhängigen Kupferhütten an Orten begründet und ausgedehnt worden, die am geeignetsten waren, um die Erze für die geringsten Kosten zugeführt zu erhalten und die die Kupfererze auf die wohlfeilste Weise zu Gute machen konnten. Die Bedingungen, unter denen dies möglich ist, finden sich im höchsten Grade in dem Meerbusen von Bristol, an den Gestaden von dem Fürstenthum Wales vereinigt. Dort tritt, auf einem verhältnißmäßig beschränkten Raume, das sehr reiche Steinkohlengebirge aus dem Flötzgebirge hervor, welches den größten Theil der Ufer bildet, während jedoch an einigen Puncten selbst von dem Meere gebadet wird. Dieser Theil der Küste, der sich von Osten nach Westen, von Aberavon bis Llanelly, ausdehnt, liefert reichlicher und wohlfeiler als alle übrigen Theile des vereinigten Königreichs, das mineralische Brennmaterial, d. h. das Hauptagens beim Hüttenwesen. Außerdem ist dieser Ort der Centralpunct für die inländischen Erze. Endlich begünstigt auch die Form des Ufers das Ausladen der über das Meer transportirten in- und ausländischen Erze und ihre Vertheilung in den Hütten, so wie auch die Abfuhr des gewonnenen Kupfers. Die Kosten dieses Transports, welche in den meisten Fällen die Productionskosten für das Kupfer so sehr erhöhen, sind hier, Dank sei es den Gaben der Natur und den Anstrengungen der Kunst, weit geringer als anderwärts bei gleichen Entfernungen. Die Hütten sind gewöhnlich an Puncten angelegt, wo Wasser in der Nähe ist; die hauptsächlichsten an dem Swansea-Fluß; die andern zerstreuter liegenden finden sich in der Nähe von Neath-Abbey, Aberavon, Tayback, Llanelly u. s. w. Es bilden diese Hütten ein Dutzend besonderer Etablissements; allein die Concurrenz, die nur von großen Kapitalisten (Abschn. XIV.) ausgehalten werden kann, hat seit 10 Jahren, seitdem ich angefangen habe den Hüttenbetrieb in Wales genauer zu verfolgen, alle Hütten in die Hände von 8 Compagnien gebracht, welche folgende Firmen führen:

Williams, Foster und Comp.
Vivian und Sohn.
Sims, Williams, Neville, Druce und Comp.
Freeman und Comp.
Die englische Kupfer-Compagnie.
P. Grenfell und Söhne.
Royal Mines.
Kronen-Kupfer-Compagnie.

Eine neunte Compagnie, unter der Firma Schneider und Comp., hat sich erst neuerlich eingerichtet und im September 1847 das erste Erz angekauft.

Man hat den Versuch gemacht, auf dem Lancashirer Kohlenbecken, in der Nähe des Merseyflusses und des Hafens von Liverpool, einen neuen Centralpunct für Kupferhütten anzulegen; man verschmilzt dort jetzt in zwei Hütten gewisse Erze, die als Ballast in den Schiffen aus verschiedenen Gegenden mit zurückgebracht werden, mit denen Liverpool in Handelsverbindungen steht. Da diese Hütten aber mehre wesentliche Vortheile nicht haben, so können sie mit den Waleser in keine ernstliche Concurrenz treten. Die schon seit langer Zeit auf der Insel Anglesea und in Staffordshire existirenden Hütten haben lange Zeit mit den Schwankungen gekämpft, denen alle die durch eine Lagerstätte gespeiseten unterworfen sind, und haben auch ganz ihre alte Wichtigkeit verloren; sie haben keinen Theil an den außerordentlichen Fortschritten genommen, die seit 20 Jahren in Wales gemacht worden sind. Kurz man darf annehmen, daß die britische Kupferproduction in Wales concentrirt sei; die oben genannten acht nach ihrer Wichtigkeit aufgezählten Compagnien bringen mehr Kupfer in den Handel, als alle übrigen Kupferhütten auf den britischen Inseln und in der übrigen Welt zusammengenommen.

Zwei Haupt-Vorkommen der Kupfererze. — Die in den Waleser Hütten zu Gute gemachten Erze haben zwei Haupt-Vorkommnisse: die einen werden in den englischen Gruben gewonnen, und die andern kommen aus Bergwerken, die auf der ganzen Erde zerstreut liegen, theils in britischen Colonien, theils in fremden Ländern.

Die einträglichsten inländischen Gruben stehen auf der Halbinsel Cornwall und in dem benachbarten Theile von Devonshire im Betriebe; außer den Untersuchungsarbeiten rechnet man nicht weniger als 80 im Betriebe stehende Gruben, die jedes Jahr Erz in den Handel bringen. Die übrigen Gruben liegen in der Nähe des St. Georgs-Kanals, auf der Ostküste Irlands, im mittlern und nördlichen Theil von Wales, auf der Insel Anglesea u. s. w. Die ausländischen Gruben, die am regelmäßigsten zur Erzlieferung an die Waleser Hütten beitragen, liegen auf der Insel Cuba, in Chili und in den andern Ländern auf der Ostküste Amerikas, in Australien, auf Neuseeland, im Toskanischen, in Norwegen 2c. In den letzten 10 Jahren haben beide Hauptvorkommen fast zu gleichen Theilen zu der Kupferproduction der Waleser Hütten beigetragen.

Art und Weise des Erzankaufs in Cornwall und zu Swansea. — Die Erze aus den Grafschaften Cornwall und Devon werden alle auf den Gruben verkauft; die andern inländischen Erze aber, so wie fremden, mit Ausnahme einer geringen, in Lancashire zu Gute gemachten Menge, verkaufen sich im Hafen von Swansea, dem Central-Erzmarkt für alle Waleser Hütten.

Schwierigkeiten bei der Bestimmung des Ankaufspreises. — Ueberall wo die Erze nicht sogleich von den Bergbautreibenden verschmolzen werden,

trifft man auf große Schwierigkeiten dadurch, daß man den Preis mit denen die Erze von den Schmelzhütten den Grubenbesitzern bezahlt werden, nach Billigkeit bestimmt. Wirklich giebt es wenige Aufgaben von solcher Verwickelung, als die Preisbestimmung eines Erzes, wobei alle wesentlichen Elemente berücksichtigt werden, welche zur Bestimmung der Schmelzkosten und der Vergütung für Betriebskapital ꝛc. beitragen. Die Hauptschwierigkeit besteht in der Bestimmung der Veränderungen, welche der ungleiche Metallgehalt, das Mitvorkommen der für der Schmelzprozeß mehr oder weniger vortheilhaften, mehr oder weniger nachtheiligen Gangarten, bei der Berechnung der Verkaufspreises des Metalles ausüben. In keinem Lande Europas und für kein Metall habe ich diese Schwierigkeit zweckmäßig gelöst gesehen, und selbst da, wo eine solche Aufgabe seit Jahrhunderten gelöst werden muß, gestehen die Hüttenleute, daß es noch an sichern Mitteln dazu fehle. Ja man hört hin und wieder die Behauptung, daß neue, mittelst wissenschaftlicher Prinzipien bestimmte Ankaufs-Tarife (Erztaxen) weniger Werth hätten, als die durch eine lange Erfahrung aufgestellten. In den Ländern Mitteleuropas, wo die Regierung das Bergregal selbst ausübt, oder die Gruben Gewerkschaften überläßt, kennt man diese Schwierigkeit weniger. Die Gewerkschaften müssen alsdann ihre Erze an die landesherrlichen Hütten abliefern, und der Ankaufspreis der Erze wird so bestimmt, daß die Hüttenadministration nicht allein die Hüttenkosten, Betriebskapital u. s. w. rechnet, sondern auch eine bedeutende Summe, welche die Bergbautreibenden als Abgabe für die ihnen ertheilten Concessionen hätten entrichten müssen. Jedoch kann dieses System nur dann als billig angesehen werden, wenn die Hütte eher vorhanden war, als die Grubengewerkschaft. Die Schwierigkeit bei Feststellung einer genauen Erztaxe ist dadurch umgangen, aber nicht gehoben; denn wenn man annimmt, daß die von der Regierung durch die Erztaxe erhobene Steuer dem Bergbautreibenden zweckmäßig und billigerweise auferlegt werden könne, so ist sie doch sehr ungleich zwischen die Producenten verschiedener Erzsorten vertheilt, sobald die Taxe nicht in Uebereinstimmung mit den Hüttenkosten auf die verschiedenen Sorten oder mit dem Verkaufspreise der Erze steht. Dennoch bin ich der Meinung, daß es nichts Unmögliches sei, in gut verwalteten Hütten und mit Hülfe eines zugleich einfachern und genauern Rechnungswesens, wie es gewöhnlich in landesherrlichen Hütten der Fall ist, genaue Erztaxen einzuführen. Die Errichtung großer landesherrlicher Hütten, die von tüchtigen Metallurgen geleitet werden und welche die Erze von den Privat-Bergwerken nach einer billigen Taxe kaufen, wird demnach in fast allen Ländern das zweckmäßigste Institut für die Entwickelung der mineralischen Gewerbe sein.

Auf den ersten Blick scheint es daher, daß das einfachste Mittel zur Lösung der Schwierigkeiten, welche die Schätzung des wirklichen Werthes verschiedener Erze hat, darin bestehe, diese Abschätzung Privatinteressen zu überlassen, deren Concurrenz den Erzproducenten alle gewünschten Garantien gewähren würde.

Jedoch hat die Erfahrung diese Erwartungen in den Bergwerksrevieren des Festlandes nicht bestätigt; sie beweiset, daß das Vorhandensein benachbarter, mit einander concurrienden Schmelzhütten eine im Allgemeinen für das Interesse der Bergbautreibenden und folglich der Mineral-Industrie, sehr nachtheilige Combination ist. Die Hüttenkosten bei der Zugutemachung von Erzen bestehen aus zwei Hauptelementen: von denen die einen die speziellen oder Betriebskosten, für Materialien, Arbeitslöhne ꝛc. umfassen und fast in gleichem Verhältniß mit den zu Gute gemachten Quantitäten, die andern aber aus den Gene-

ralkosten für Direction, die Bureaux x. bestehen und die innerhalb sehr weiter Gränzen fast dieselben bleiben, mag die Wichtigkeit und die Größe des Betriebes sein, welche sie wolle. Es folgt daraus, daß eine große Centralhütte, welche alle Erze eines Reviers zu Gute macht, nicht bedeutendere Betriebskosten hat als sechs kleine, welche beim Ankauf derselben Erze concurriren, während die Generalkosten sechs Mal geringer sind. Es muß hier auch noch bemerkt werden, daß eine Centralhütte, welche alle Erze eines Reviers erhält, regelmäßige und für die Hüttenprozesse sehr günstige Beschickungen machen, große und daher Brennmaterial und Arbeitslöhne ersparende Apparate anwenden und über die Schlacke und die verschiedenen Rückstände bei den Prozessen eine sehr wissenschaftliche Controle führen kann; alles Vortheile, welche kleinen Hütten versagt sind, die keinen regelmäßigen Erzankauf unter der Herrschaft einer Concurrenz einführen können, einer Concurrenz, deren Grundsätze gegen jede Regel, gegen jede systematische Combination sind. Man begreift demnach, daß eine einzige oder Central-Hütte, selbst wenn sie sich bedeutende Vortheile vorbehält, den Grubenbesitzern beim Erzankauf weit vortheilhaftere Ankaufsbedingungen stellen kann, als die kleinen, welche, angeregt durch die Concurrenz, bis zu ihrem eigenen Schaden die Erzpreise hinauftreibt. Diese Nachtheile haben sich in allen Bergdistricten gezeigt, wo die durch das Gedeihen einer Centralhütte veranlaßte Eifersüchteleien die Grubenbesitzer anregten, die Entstehung mehrer concurrirender Hütten herbeizuführen und die Bestimmung des Ankaufspreises der Erze von der Concurrenz unter den verschiedenen Hütten abhängen zu lassen. Es haben jedoch solche Versuche gewöhnlich zur Folge gehabt, zuvörderst die minder geschickten und minder wohlhabenden Hüttenbesitzer zu ruiniren, ohne jedoch die Erzpreise in die Höhe zu bringen. Das gewöhnliche Ende ist, daß die Besitzer der die Concurrenz überlebenden Hütten eine Uebereinkunft treffen, stillschweigend die Bedingungen des Erzankaufs reguliren und daher, weil jeder Zügel, jede Controle fehlt, einen weit größern Vortheil ziehen, als der alten Centralhütte eine offizielle und durch eine lange Erfahrung bestehende Taxe sicherte.

Die Untersuchung verschiedener metallurgischer Gruppen Europas hat mir bewiesen, daß Seitens der Bergbautreibenden eine hohe industrielle und commercielle Intelligenz dazu erforderlich ist, um sich bei ungünstigen Wechselfällen, wie sie der Betrieb der meisten Gruben mit sich bringt, der Eifersüchtelei zu enthalten, wozu die nothwendig zu erhaltende günstige Lage einer Centralhütte anreizen könnte. Jeder Grubenbesitzer, welcher die in der Natur der Sachen begründeten Unterschiede zwischen den ökonomischen Verhältnissen der Berg- und der Hüttenwerke nicht gehörig aufzufassen vermag, wird nothwendig zu der Annahme veranlaßt, daß er sich wohler befände, wenn dies mit dem Hüttenbesitzer der Fall nicht sei. Daher die unüberlegten Streitereien Ursach des Ruins für den ganzen Bergwerksbezirk, hauptsächlich aber, wie ich oben schon bemerkt habe, für den Bergbau, welcher die wesentliche Basis des ganzen Gewerbes ist. Der Mangel an commercieller Intelligenz veranlaßt zuweilen den Bergwerksbesitzer, selbst eine Hütte anzulegen, um seine eigenen Erze zu Gute zu machen. Solche Unternehmungen, welche gewöhnlich die eigenthümlichen Nachtheile kleiner Hüttenanlagen im höchsten Grade haben, sind die schlechtesten, die es geben kann. Viele seit mehren Jahrhunderten in Frankreich gemachte Hüttenanlagen geben den Beweis von dem Gesagten.

Lösung, welche die Frage in England gefunden hat; Ursachen des erreichten Erfolgs. — Es ist auch noch ein charakteristischer Umstand für das britische Hüttenwesen und für das des Kupfers insbesondere, daß die Schwierig-

keiten, welche der Erzverkauf mit sich bringt, dort durch den Grundsatz der Concurrenz sehr gut gehoben worden sind. In den meisten andern Bergwerksstaaten geschah dies gewöhnlich nur durch die Anlage landesherrlicher oder durch Vermehrung der mit den Gruben verbundenen Hütten. Dieser Erfolg genügt allen, dem Anschein nach rivalisirenden Interessen der Gruben- und der Hüttenbesitzer und hat Ursachen, die es werth sind, näher angegeben zu werden, jedoch Ursachen, welche, ich bedaure es sagen zu müssen, sich nur schwer in jedem andern Lande wiederfinden dürften.

Die Hauptursach dieses Erfolgs liegt ohne Widerrede in der hohen Intelligenz der industriellen und commerciellen Interessen, welche sich ebenfalls in andern Zweigen der Thätigkeit zeigen und die England eine so wohlverdiente Ueberlegenheit sichern. Der englische Geschäftsmann ordnet seine Verhältnisse stets durch eine richtige Auffassung der Interessen des Augenblicks und durch einen scharfen Blick in die Zukunft; aus dem Gefühl der Rivalität und der Concurrenz entnimmt er alles das Gute, was daraus zu entnehmen ist, und bleibt fest an der Grenze stehen, über die hinaus nur Nachtheil daraus entstehen könnte, sowohl seiner eigenen, als auch der öffentlichen Interessen. Jeder in einer großen industriellen Bewegung Verwickelte erträgt mit Resignation die nachtheiligen Wechselfälle, welche ihn treffen, und sieht mit Ruhe das Wohlergehen seines Nachbars. Weit entfernt, eine ihm augenblicklich ungünstige Ordnung der Dinge stören zu wollen, denkt er nur daran, durch sein Talent und seine unerschütterliche Beharrlichkeit bessere Chancen herbeizuführen, überzeugt, daß er seinerseits im Falle des Erfolgs dieselben Garantien bei seinen Mitarbeitern, wie bei seinen Rivalen finden wird. So haben es denn auch die Leute, welche in Cornwall, Devon, Wales, Irland 2c. Kupferbergbau betreiben, begriffen, daß ihr Interesse unauflöslich mit dem der Hüttenleute verbunden ist und daß das Wohlergehen der letztern nothwendig auf sie selbst zurückwirken muß. Sie berücksichtigen z. B., daß mit großen Kapitalien versehene Hüttenbesitzer weit eher im Stande sind, die producirten Metalle abzusetzen, als solche, die durch eine unüberlegte Concurrenz zu Grunde gerichtet sind. Sie begreifen, daß sie sich hüten müssen, die Rivalität der Hüttenbesitzer sowohl beim Erzankauf, als auch beim Kupferverkauf zu sehr rege zu machen; daß aller den Hüttenbesitzern gelassene Nutzen später auch auf die Bergbautreibenden beim Erzankauf zum Theil zurückfällt; daß der Ruin der Hüttenwerke auch nothwendig den der Bergwerke nach sich zieht und nur den Metallankäufern zu Gute kommt. Daher das Verfahren, welches ich weiter unten beschreiben werde und welche die Bestimmung des Ankaufspreises der Erze den Hütten, ohne irgend eine anscheinende Controle, ohne irgend eine mögliche Reklamation von Seiten der Bergwerksbesitzer und ohne daß diese sich weigern könnten, die gebotenen Bedingungen anzunehmen. Die Hütten zeigen ihrerseits keine geringere Haltung bei ihrem Verfahren. Nach einigen Versuchen unüberlegter Vermehrung, haben sich die Hütten in dem zweckmäßigen Maß concentrirt, so daß eine Verbesserung in dieser Beziehung kaum möglich wäre. Zum weitern Beweise meiner Behauptung bemerke ich, daß die größte, außerhalb England befindliche Kupferhütte in Wales ohngefähr die sechste Stellung in Beziehung auf die Bedeutung ihrer Production einnehmen würde. Die acht Hütten, welche den Fall minder wichtiger Rivale überlebten, haben einestheils begriffen, daß eine maßlose Concurrenz unfehlbar ihren Ruin veranlassen, und andererseits, daß eine Vereinigung, welche diese Concurrenz illusorisch macht, ihnen nicht minder nachtheilig sein würde, indem sie die Entstehung neuer Anlagen provociren

und besonders indem sie das Vertrauen der Bergbautreibenden zerstören würde.[1]) Die Art und Weise, wie die Erze, sowohl aus Cornwall und Devon, in der Nähe der Gruben, als auch die übrigen inländischen und die ausländischen Erze, die zu dem Zweck nach dem Hafen von Swansea transportirt, verkauft werden, ist die nachstehende:

Gewohnheiten bei den Erzverkäufen. — Wenn die Gruben eines gewissen Bezirks eine hinreichende Quantität Erz in Vorrath haben, um eine Zusammenkunft der Käufer zu motiviren, so machen sie in den Lokalblättern das annähernde Gewicht aller Erzposten, welche die verschiedenen Gruben zur Versteigerung bringen wollen, bekannt. Zugleich wird bemerkt, daß an einem bestimmten Tage die Bevollmächtigten von den Hütten zugelassen werden sollten, um Stückchen von den verschiedenen Erzhaufen zur Probe zu nehmen; die öffentlichen Versteigerungen finden gewöhnlich 14 Tage später an einem bestimmten Orte statt. In Cornwall sind es vier Orte: Camborne, Redruth, Truro und Pool, die mitten in den wichtigsten Gruben des Landes liegen und in denen solche Erzversteigerungen vorgenommen werden. Der zum Probenehmen und zu den Verkäufen bestimmte Tag ist stets ein Donnerstag, so daß die Agenten im Stande sind, ihre Zeit im voraus zu ordnen und sie ohne Verlust zwischen den verschiedenen Beschäftigungen zu vertheilen. Jede Waleser Hütte unterhält in Cornwall gewöhnlich zwei Agenten, tüchtige Männer, welche jeder ein Jahrgeld von 6000 bis 8000 Schilling (2000 bis 2660 Thlr.) erhält und von denen der eine die Probestufen nimmt, der andere die Proben auf dem trocknen Wege anstellt, die Ankäufe und die Zahlungen besorgt. Die Agenten der acht Hütten begeben sich zusammen zu den Erzdepots der verschiedenen Gruben, die eine Versteigerung angekündigt haben, und theilen sich in einer Probe von jedem Haufen, die mit großer Sorgfalt in der Art genommen worden ist, daß sie so genau als möglich den mittlern Gehalt des Haufens darstellt. Um die Wechselfälle der Irrthümer über den wirklichen Erzgehalt zu vermindern, setzt man jeden Haufen aus Stücken zusammen, die von gleichartigen Theilen einer jeden der Lagerstätten herrühren und die gemeinschaftlich aufbereitet worden sind. Das Gewicht eines solchen Haufens beträgt selten mehr als 100 und selten weniger als 5 Tonnen, sondern gewöhnlich von 20 bis 80 Tonnen. Da das Probenehmen und die übrigen Operationen beim Erzankauf und bei der Erzanlieferung lange Reisen veranlassen, so muß sich der damit beschäftigte Agent ein Pferd halten. Von den übrigen Reisekosten werden sie gewöhnlich größtentheils durch die Gastfreundschaft der Bergbautreibenden befreiet. Auf diese Weise werden diese sonst verwickelten Geschäfte sehr erleichtert, und die Ehrenhaftigkeit der betheiligten Personen verhindert jede Beeinträchtigung irgend eines Theiles.

Während der 14 Tage zwischen dem Probenehmen und dem Verkauf der Haufen, suchen die Hütten Nachricht über die Menge der zum Verkauf gestellten Erze zu erlangen, deren ohngefährer Erzgehalt oft durch die bloße Angabe des Vorkommens bekannt ist. Die Hütten berücksichtigen nun den laufenden Preis des Kupfers, die Bestellungen der Consumenten, die Menge des in den Magazinen lagernden Kupfers, das laufende Bedürfniß der Hütten, in denen man stets einen möglichst gleichförmigen Betrieb zu erhalten sucht; sie

[1]) Ich muß jedoch bemerken, daß in der letzten Zeit das Benehmen der Hütten durchaus nicht von der Art war, um das in meinen Reisenotizen aufgezeichnete Lob noch jetzt zu rechtfertigen. (Siehe die Abschn. XIV. und XV.)

berücksichtigen ferner die Wechselfälle des Steigens und Fallens der Kupferpreise, endlich die Größe der zum Erzankauf disponibeln Geldmittel, und hiernach geben sie, kurz vor der Erzversteigerung, ihren Agenten die nöthigen Aufträge. Sie geben denselben den annähernden Metallgehalt der Erze, besonders aber die Mengen und die Sorten an, die sie zu erstehen suchen müssen. Während der Zeit hat der Probirer den Metallgehalt der Erze ermittelt: er besitzt demnach, wenn er sich zu der Versteigerung begiebt, alle Angaben, deren er zur Bestimmung des Gebots für jeden Erzhaufen besitzt. Zu dem Ende hat er eine gedruckte Liste, welche als Basis für das Verfahren beim Verkauf dient und ein Verzeichniß der von jeder Grube zur Versteigerung gebrachten Erztheile enthält. Die Ordnung dieser Aufzählung ist nicht willkürlich, sondern es werden stets diejenigen Gruben obenan gestellt, welche die meisten Erze zum Verkauf bieten; die verschiedenen Haufen einer jeden Grube sind nach ihrer Größe aufgeführt.

An dem bestimmten Donnerstage vereinigen sich die Agenten der acht Hütten an einem bestimmten öffentlichen Orte. Eine solche Zusammenkunft, die mit der den Engländern so eigenthümlichen Pünctlichkeit erfolgt, besteht aus den erwähnten Agenten der Hütten und aus denen der Bergbautreibenden, welche dabei sein wollen, und gewöhnlich führt derjenige von den letztern den Vorsitz, dessen Gruben das meiste Erz versteigern wollen. Die Versteigerung beginnt gewöhnlich gegen Mittag, bei verschlossenen Thüren, mit einer solchen Einfachheit und Zeitersparniß, daß ein mit den englischen commerciellen Sitten Unbekannter nicht glauben wird, daß die so ruhige Versammlung aus Leuten bestehe, die gegenseitige Nebenbuhler sind und es sich um Hunderttausende von Thalern handelt. Der Präsident beginnt die Sitzung damit, daß er die 4 oder 5 ersten Haufen der Liste, nach der Ordnung der Nummern, zum Angebot bringt. Jeder Bieter schreibt alsdann für sich das Gebot für jeden Haufen auf einen Zettel, den er stillschweigend dem Vorsitzenden übergiebt. Da das Gewicht der Haufen nicht genau bestimmt ist, so bezieht sich das auf 1 Tonne trocknes Erz aber auf den ganzen Haufen, indem dessen Gewicht später contradictorisch von dem Käufer und Verkäufer bestimmt wird. Nachdem alle 8 Zettel eingegangen sind, liest der Vorsitzende die Gebote laut und langsam vor, so daß sie von den Agenten auf gedruckte Zettel eingetragen werden können, indem dieselben Colonnen für die Hütten und für jeden Haufen haben. Der Vorsitzende nennt alsdann die Hütte, welche das höchste Gebot für einen Haufen gethan, und schlägt ihr denselben zu und bezeichnet auch noch die Differenz zwischen dem Preise des Zuschlags und dem sich davon am wenigsten entfernenden Gebot. Haben zwei Hütten ein gleiches Gebot, so wird der Haufen unter ihnen getheilt. Nach diesem ersten Resultat, bringt der Vorsitzende sogleich die nun folgenden Erzhaufen zum Angebot. Zur Anfertigung der Zettel sind gewöhnlich 10 Minuten zugestanden; diese Zeit wird zur Berechnung des Preises benutzt, den der vorhergehende Zuschlag und alle schon gemachten Gebote für das in dem Erz enthaltene Kupfer gestatten. Jeder Agent folgert aus dieser Berechnung die Zweckmäßigkeit, auf seinem neuen Angebotzettel sein erstes Gebot beizubehalten oder zu verändern, um bei der Größe seiner Ankäufe in den ihm von seinem Committenten vorgeschriebenen Gränzen zu bleiben. Nachdem nun der Vorsitzende die neuen Angebotzettel vorgelesen und den zweiten Zuschlag gemacht hat, beginnt er mit einer dritten Partie Haufen und so fort, bis daß das Ganze versteigert worden ist. Jede einzelne Versteigerung dauert etwa eine Viertelstunde, so daß zu 40 Haufen ohngefähr ein Zeitraum von zwei Stunden erforderlich ist. Die Agenten nehmen alsdann ein gemeinschaftliches

Wahl ein und trennen sich. Diese Verkaufsmethode wird in England, wegen der dabei angewendeten charakteristischen Zettel (tickets), mit dem Namen ticketing bezeichnet; sie ist auch in andern Theilen Englands bei der Versteigerung der Blei-, Silber- und andern Erze gebräuchlich.

Ablieferung und Verwiegung der verkauften Erze. — Nach Beendigung der Versteigerungen schreitet man von Seiten der Gruben sofort zur Ablieferung der Erzhaufen. Zu dem Ende wägt man einen jeden Haufen in dem gewöhnlichen feuchten Zustande und zieht von diesem Gewicht das des hygrometrischen Wassers ab, welches in dem Moment des Wägens durch einen Versuch bestimmt wird. Das Trocknen der Proben geschieht mit der zweckmäßigsten Sorgfalt, eines Theils damit das hygrometrische Wasser vollkommen entfernt werde und andererseits so, daß die Sulfurate, Carbonate und Hydrate keine Spur von den Substanzen verlieren, die chemisch mit ihnen verbunden und die sich in der Hitze als Gase verflüchtigen.

Mit den Erzen, die in Wales selbst versteigert werden, verfährt man genau auf dieselbe Weise, nur mit dem Unterschiede, daß, da die Hüttendirectoren in der Nähe sind, sie sich selbst mit dem Ankauf befassen. Diese Versteigerungen finden fast jeden Donnerstag in einem Gasthofe zu Swansea Statt. Die Proben werden jedoch von den Probirern in Cornwall und nicht von besondern gemacht, und es werden jenen Erzstückchen zugesendet, worauf sie die Resultate ihrer Proben zu gehöriger Zeit melden. Bei den fremden Erzen können sie die Resultate ihrer Probirer durch die Proben controliren, welche die Zollbehörde machen läßt, indem eine Eingangssteuer erhoben wird, die im Verhältniß zu dem Metallgehalt der Erze steht (s. Abschn. 15).

Art und Weise der Bezahlung der Erze. — Die Bezahlung der Erze erfolgt per comptant, d. h. es ist gebräuchlich, daß die Hütten den Gruben einen Monat nach den Versteigerungsterminen Bankeffecten, 33 Tage a dato einhändigen, die sie mit 4 % sofort discontiren können. Dies geschieht sowohl bei den zu Swansea, als auch bei den in Cornwall verkauften Erzen.

Beispiele von einigen Erzversteigerungen. — Die Betriebsbedingungen sind bei allen Waleser Hütten so gleich, die Erzverkäufe stehen unter dem Einfluß einer dem Wesen nach eben so lebhaften, als der Form nach gemäßigten Concurrenz, daß die von den verschiedenen Hütten auf einen Erzhaufen gemachten Gebote gewöhnlich nur um einige Hunderttheile verschieden sind. Man ersieht dies aus den Geboten der verschiedenen Hütten bei zwei Versteigerungen, denen beizuwohnen mir die gütige Gastfreundschaft der Waleser Hüttenleute gestattete.

Versteigerung zu Swansea am 19. October 1842.

	1. Haufen.			2. Haufen.			3. Haufen.			4. Haufen.		
	Liv.	Sch.	D.	Liv	Sch.	D.	Liv.	Sch.	D.	Liv.	Sch.	D.
1. Hüttencompagnie	13	2	—	13	2	—	13	2	—	13	2	—
2. "	13	5	—	13	2	—	13	4	—	13	7	6
3. "	13	5	—	13	9	6	13	10	—	13	4	6
4. "	12	18	—	13	—	—	13	5	—	13	—	—
5. "	12	18	—	13	3	—	13	5	—	12	18	—
6. "	13	3	—	13	2	—	13	5	—	13	8	—
7. "	13	—	—	13	6	6	13	9	6	13	3	6
8. "	12	15	6	13	2	6	13	4	6	13	15	6

Versteigerung zu Redruth in Cornwall am 20. October 1842.

	1. Haufen			2 Haufen			3 Haufen.			4. Haufen.		
	Liv.	Sch.	D.	Liv	Sch.	D.	Liv	Sch.	D.	Liv.	Sch.	D.
1. Hüttencompagnie	5	4	6	7	13	—	4	12	6	4	5	—
2. =	5	6	6	7	14	6	4	8	6	4	4	—
3. =	5	12	6	8	4	—	4	14	—	4	9	6
4. =	5	13	—	8	3	—	4	14	—	4	6	—
5. =	5	11	6	8	5	6	4	13	—	4	11	6
6. =	5	11	—	8	—	—	4	12	—	4	6	—
7. =	5	11	6	8	—	6	4	14	6	4	12	—
8. =	5	14	—	8	1	—	4	15	—	4	8	6

Die unterstrichenen Zahlen sind das Gebot, für welches die Haufen den Hütten zugeschlagen worden sind, und sie sind oft nur wenig von dem nächsten Gebot verschieden. Die größern Verschiedenheiten in den Geboten auf einen einzigen Haufen rühren meistens von den Verschiedenheiten in den Resultaten der verschiedenen Probirer her. Gewöhnlich hält jede Hütte ihre Resultate geheim; allein da sie mir von mehren Hütten mitgetheilt wurden und ich daher Vergleiche anstellen konnte, so kann ich beurtheilen, welchen Einfluß die Verschiedenheit der Resultate der Proben auf die verschiedenen Gebote hat. Das eingeführte Versteigerungsverfahren gewährt demnach den Bergbautreibenden noch den Vortheil, daß der Preis eines jeden Erzhaufens nach derjenigen Probe bestimmt wird, welche das höchste Resultat gab.

Betrachtungen über die Erztaxen in Cornwall und zu Swansea. — Bei meinen Versuchen, die Erztaxen in Cornwall und in Wales mit denen zu vergleichen, welche in mehren Bergwerksdistricten des Festlandes gelten, habe ich mich seit 10 Jahren bemühet, die Hauptregeln, welche in dieser Beziehung die Waleser Hütten befolgen, festzustellen. Die Resultate meiner Untersuchungen über diesen schwierigen Gegenstand, welcher in England täglich lebhafte und oft sehr unrichtige und von falschen Annahmen ausgehende Discussionen veranlaßt, sind folgende.

Zuvörderst glaube ich versichern zu können, daß die Waleser Hütten bei ihren Erzankäufen niemals so verfahren, wie gewisse Hütten auf dem Festlande, welche dabei den Angaben eines systematischen Tarifs folgen, der im Wesentlichen auf die Hüttenkosten jeder Erzsorte begründet ist und sich progressive mit den Kupferpreisen verändert. Ich habe selbst Grund zu der Annahme, daß wenige Hütten nur sich die Mühe gegeben haben möchten, die Schmelzkosten für jede Erzsorte genau zu bestimmen. Einen bedeutenden Einfluß auf die Erzankäufe haben die Haushaltsresultate von dem vorhergehenden Jahre, der Credit der Hütte und die Nothwendigkeit, wegen ihrer Concurrenten auf Erzvorräthe zu sehen. Eine Hütte, welche das vorhergehende Jahr hindurch gute Ueberschüsse gemacht, findet sich natürlich dazu veranlaßt, in dem folgenden Jahre ihren Betrieb zu verstärken, demnach eine bedeutendere Quantität Erze anzukaufen, oder was auf dasselbe herauskommt, bei ihren Geboten einen größern Werth auf das in dem Erze enthaltene Kupfer zu legen. Aus einem entgegengesetzten Grunde wird die Hütte, welche ihre Production zu sehr verstärken wollte, daher ihre Gebote beim Erzankauf erhöhete und folglich die Ueberschüsse dadurch bis über die zweckmäßige Grenze hinaus verminderte, sich veranlaßt finden, den Kaufpreis der Erze möglichst zu drücken, ohne dadurch die Größe der Ankäufe zu vermindern. So werden also die Hütten durch die Veranlas-

sung einer sowohl lebhaften als gemäßigten Concurrenz, durch den natürlichen Verlauf der Dinge dahin gebracht, ihre Ueberschüsse in den Grenzen zu erhalten, welche ihr Gewerbe einerseits gut lohnen, andererseits aber doch nicht zu neuen Anlagen anregen und hauptsächlich ohne den Gruben die Hoffnung zu lassen, daß sie von den mit ihnen verbundenen Hütten mehr Nutzen haben könnten.

Erklärung des standard der Waleser Hütten. — Die Hütten gebrauchen bei den Instructionen für ihre Agenten und besonders bei dem speciellen Verfahren beim Erzankauf eines Hülfsresultats, welches sich sehr einfach berechnen läßt und welches sie den standard nennen, weil es für sie wirklich die Angabe, die Richtschnur, das Zeichen von dem in den Erzen enthaltenen Kupfer ist. Sie nehmen an, daß der Preis m, der für 1 Tonne Erz in einem Haufen, deren Kupfergehalt t (in Decimalbrüchen der Einheit ausgedrückt) durch die Probe bestimmt, bezahlt wird, in der Hütte um die Summe f vermehrt werde, die alle Kosten in sich begreift, welche die Zugutemachung dieser Tonne erfordert, so wie auch den Gewinn, den diese Zugutemachung geben muß. Es wird demnach der Preis einer Tonne Metall, der stillschweigend durch den Ankaufspreis bezeichnet wird, oder mit andern Worten der standards, durch das Verhältniß gegeben

$$s = \frac{m + f}{t}.$$

Diese Formel ist offenbar der Schlüssel aller Berechnungen beim Erzankauf. Wenn f genau die Summe der Kosten und des Gewinnes, den die Hütte erzielen will, darstellt, so stellt s genau den Netto-Verkaufspreis dar, den das Kupfer auf dem Markt haben muß Wenn demnach z. B. die Hütte ihr Kupfer im Voraus zu dem Preise s zu Zahlungen auf lange Sicht verkauft hätte, und sie wollte sich darauf beschränken, auf jede Tonne Erz eine Summe f für Hüttenkosten und Gewinn abzuziehen, so könnte sie für die Tonne Erz von dem Gehalt t, den Preis m anbieten, der durch das Verhältniß

$$m = st - f$$

bestimmt wird.

Das aber, was beim Kupferhandel standard genannt wird, hat diese bestimmte Bezeichnung durchaus nicht, und es ist übrigens klar, daß wenn das Wort fortwährend den Kaufpreis des Kupfers bezeichnete, der Gebrauch die Anwendung dieser speziellen Benennung nicht geheiligt haben würde. Das standard der Waleser Hütten bezeichnet in der That nichts, was beim Kupferhandel oder beim Kupferhüttengewerbe eine Realität hätte. Er giebt, wie schon gesagt, nur eine sehr unvollkommene Hülfsgröße, dessen man sich aus Mangel einer bessern Werthbestimmung bedient. Der einem Erz von dem Gehalt t, wofür die Hütte zu Swansea den Preis m bezahlt hat, entsprechende standard ist durch die vorhergehende Formel gegeben, in welcher man f einen constanten Werth von 45 Schilling zuerkennt. Es folgt daraus, daß wenn m ebenfalls in Schillingen ausgedrückt, der standard durch die Formel dargestellt wird:

$$s = \frac{m + 45}{t}.$$

Wenn z. B. eine Hütte 147 Schilling für die Tonne Erz von 10 Prozent Kupfergehalt bezahlt hat, so bestimmt er die Folge dieses Kaufes dadurch, daß er calculirt, er habe den Haufen Erz mit einem standard von 1920 Schilling bezahlt, welchen man durch die Rechnung:

$$s = \frac{147 + 45}{0,10} = 1920$$

enthält.

Die Zugutemachungskosten verschiedener Erzsorten sind, wie man es im Verlauf dieser Arbeit sehen wird (Abschn. XIV.), sehr verschieden und wechseln nach dem Metallgehalt, nach der Beschaffenheit der chemischen Verbindung, in der das Metall vorkommt, nach der Beschaffenheit der mitbrechenden Gangarten ꝛc. Es ist demnach offenbar, daß wenn der standard mit dem Marktpreis des Kupfers für gewisse Erze zusammenfällt, dessen Hüttenkosten bis 45 Schilling die Tonne betragen, er auch bei vielen andern Sorten sehr weit davon entfernt sein muß. Bei Betrachtung der Formel sieht man sogleich, daß diese Verschiedenheiten besonders bei Erzen von geringem Metallgehalt sehr bedeutend sein müssen, indem alsdann die Zahlen m und t relativ sehr klein werden.

Die Verhüttung der Cornwalliser Erze veranlaßt in den Waleser Hütten Kosten, die auf den zu Swansea angekauften in- und ausländischen Erzen nicht lasten. Es gehören dahin z. B. die Transportkosten zu Wasser von den Cornwalliser bis zu den Waleser Häfen und der Zinsverlust durch die Dauer dieses Transports. Aus diesem Grunde geben daher die Hütten dem Ausdruck f einen Werth von 55 Schilling und berechnen den standard der in Cornwall angekauften Erze durch die Formel:

$$s = \frac{m + 55}{t}$$

Es muß noch bemerkt werden, daß der Verkaufspreis sich stets auf 21 Centner trocknes Erz bezieht, während der standard stets mit dem Preise einer Tonne (von 20 Centnern) verkäuflichen Kupfers verglichen wird. Dieser Umstand trägt auch dazu bei, aus dem standard eine reine Abstraction zu machen.

Die nachstehende Tabelle giebt einige Beispiele von standards für die zu Swansea verkauften Erze berechnet an, ausgezogen aus den regelmäßig bekannt gemachten Acten. Die Resultate sind in Pfunden Sterling zu 20 Schillingen aufgeführt.

Tage.			Verkaufs Preis	Geringster Gehalt.		Mittlerer Gehalt, bei dem der standard gleich dem Verkaufspreis d. Kupfers ist		Höchster Gehalt.	
				Gehalt Proc.	Standard.	Gehalt Proc.	Standard.	Gehalt Proc.	Standard
			L. St.		L. St.		L. St.		L. St.
1841.	6.	Januar.	97	$3\frac{1}{2}$	150	$24\frac{1}{2}$	97	$77\frac{1}{2}$	92
	27.	=	97	$3\frac{1}{8}$	152	38	97	46	96
	17.	März.	97	$4\frac{1}{2}$	128	$22\frac{3}{4}$	97	$30\frac{1}{2}$	94
	1.	December.	95	$3\frac{3}{8}$	150	—	—	$25\frac{3}{4}$	97
1843.	18.	Januar.	82	$2\frac{1}{2}$	167	—	—	$65\frac{3}{4}$	93
	15.	März.	82	$4\frac{3}{4}$	119	—	—	67	83
	26.	April.	80	2	165	—	—	65	85
	26.	Juli.	78	$4\frac{1}{8}$	119	—	—	$73\frac{3}{4}$	79
	9.	August.	76	$4\frac{1}{2}$	112	49	76	$52\frac{1}{2}$	75
	23.	=	76	4	120	—	—	51	80
	20.	December.	83	$3\frac{1}{2}$	132	—	—	$81\frac{1}{4}$	88
1847.	23.	September.	95	$2\frac{5}{8}$	146	12	95	$24\frac{3}{8}$	86
	6.	Januar.	86	$4\frac{3}{8}$	120	—	—	$29\frac{3}{4}$	88
	20.	Januar.	86	$3\frac{5}{8}$	121	$24\frac{3}{4}$	86	54	82
	17.	Februar.	90	$3\frac{3}{4}$	131	—	—	$30\frac{1}{4}$	92
	29.	April.	95	$3\frac{7}{8}$	128	15	95	$51\frac{3}{4}$	88
	8.	Juli.	95	$4\frac{5}{8}$	123	$13\frac{3}{4}$	95	$52\frac{1}{2}$	71
	22.	=	95	$3\frac{1}{2}$	129	14	95	54	78
	26.	August.	95	$3\frac{1}{2}$	129	14	95	60	74

Diese Erklärung des standard veranlaßt natürlich die Frage, zu wissen, welchen Nutzen es haben könne, einen gänzlich eingebildeten Preis zu berechnen und in dem die beiden Resultate, welche von wesentlichem Interesse für den Verkäufer und den Käufer sind, gänzlich versteckt vorhanden sind: einerseits der Preis einer Tonne Kupfer, die in dem Erz enthalten ist, andererseits die Summe, welche der Hütte für jede Tonne Erz an Hüttenkosten und Gewinn zukommt. Die Untersuchung der verschiedenen Gründe, welche diese Gewohnheit veranlaßt haben und dieselbe erhalten, würde weitläufige Entwickelungen veranlassen, welche durchaus nicht nothwendig für den Gegenstand dieser Abhandlung sind. Es genügt, wie es die vorstehende Tabelle thut, zu zeigen, daß es ein zwar unvollkommenes, aber einfaches Mittel ist, zwar nicht den absoluten Werth, sondern die Werthveränderungen des in dem Erz enthaltenen Kupfers zu bestimmen. Es ist wirklich klar, daß wenn der Verkaufspreis des Kupfers sich gleich bleibt, der standard nach und nach bei successiven Verkäufen für Erze von gleichem Gehalt steigt und daher die Lage der Gruben sich auf Kosten von der der Hütten verbessert und daß im entgegengesetzten Fall das Gegentheil stattfindet. Man begreift demnach, daß eine Vergleichung der successiven standards der bei der Erzversteigerung betheiligten Hütte sogleich angiebt, ob sie ihre Ankäufe beschränken oder ausdehnen soll. Diese Vergleichung thut auch die Veränderungen in den normalen Bedingungen des Erzverkaufs dar, wenn sich der Verkaufspreis des Kupfers verändert, so sind die standards der Erze von gleichem Gehalt nicht um eine gleiche Größe verschieden. Wirft man einen Blick auf

die vorhergehende Tabelle, so wird man z. B. finden, daß das Erz mit einem Gehalt von 52½ Procent, welches am 9. August 1843 auf Grund eines standard von 75 Pfd. Sterl. und bei einem Marktpreise des Kupfers von 76 Pfd. St. verkauft worden ist, für die Grube weit vortheilhafteres Geschäft war, als der Erzankauf am 8. Juli 1847, bei einem Kupferpreise von 95 Pfd. St., indem dabei der standard nur 71 Pf. St. betrug. Eben so findet man, daß der Verkauf vom 20. December 1843 eines Erzes von 3½ Procent Gehalt für die Grube weit vortheilhafter war, als die Verkäufe des Erzes von gleichem Gehalt am 22. Juli und 26. August 1847.

Verbesserungen, die beim Erzhandel möglich wären. — Wer das Kupferhütten-Gewerbe in Wales nicht genau kennt, würde freilich die summarische Vergleichung, die wir so eben angestellt haben, ohne Schwierigkeit machen; allein er würde keine sichere Folgerung über den Gewinn zu machen im Stande sein, den die Ankäufe von 1847 den Hütten gebracht haben. Anders ist es aber bei dem Hüttenmann, der aus einer langen Uebung mit solchen Berechnungen das Gute erkennt, welches für ihn aus einem calculirten standard bei bestimmten Bedingungen hervorgeht. Die Waleser Hüttenleute sind offenbar nicht dazu geeignet, um Klarheit in die Erzverkäufe einzuführen, ja wenn man die vielen Streitigkeiten über diesen Gegenstand zwischen Hütten- und Bergleuten lies't, so wird man erkennen, daß dieses Hülfsmittel diese Discussionen nur noch weitläuftiger gemacht hat. Ich werde am Ende dieses Werkes auch das zweckmäßigste Mittel, die Veränderungen im Erzhandel zu bestimmen, angeben; ich werde selbst (Abschn. XV.) ein Maß für diese Abweichungen angeben, welches mir den Vorzug vor dem verdient, welches die Waleser Hütten bis jetzt benutzen. Die Unvollkommenheit und Dunkelheit des über den Erzhandel Bekannten gestatten es nicht, mit Genauigkeit die wesentlichsten haushälterischen Verhältnisse des Kupferhüttengewerbes zu bestimmen, nämlich den Antheil, den sowohl Gruben als Hütten an dem Marktpreise dieses Metalles haben. Jedoch halte ich mich hier nicht bei dieser schwierigen Untersuchung auf, sondern theile weiter unten dieses Resultat des technischen und ökonomischen Studiums der Hüttenprozesse mit.

Förderung der Cornwalliser Erze von den Gruben bis zum Einschiffungsplatze. — Nachdem die Hütten die Erze bei den Gruben übernommen haben, müssen sie nun zuvörderst für deren Förderung nach dem nächsten Hafen sorgen. Von den weniger vortheilhaft gelegenen Gruben erfolgt dieser Transport auf Wagen und zwar beträgt der Weg bis 13 Kilometer (fast zwei deutsche Meilen) für ein Fuhrlohn von 0,65 Schilling auf die Tonne und die engl. Meile (1,63 Kilometer), d. h. 5,2 Schilling für die Tonne und den ganzen Weg. Von allen großen Gruben des Landes wird der Transport auf Eisenbahnen für 0,18 Schilling die Tonne und die engl. Meile, wovon 0,10 Schilling eigentliches Fuhrlohn, bewirkt. Die ganzen Kosten auf die Tonne betragen in gewissen Fällen weniger als 1 Schilling. Man darf annehmen, daß die Transportkosten, welche die Hütten von den Gruben bis zum Hafen zu zahlen haben, im Durchschnitt 3 Schilling betragen.

Die Häfen, in denen die Erze eingeschifft werden, liegen an der östlichen und südlichen Küste von Cornwall und Devon, von Portreath bis zu dem Flusse Tamar; die wichtigsten sind: Hayle, Penzance, Deveronpoint, Saint-Austle, Par, Looe rc. Die Hütten haben in den Häfen Niederlagen, welche die Erze einstweilen und mit den möglichst wenigsten Kosten aufnehmen. Der Unternehmer des Transports von der Grube sorgt auch gewöhnlich für die

Magazinirung. Die Einschiffung wird zum Theil von der Schiffsmannschaft und zum Theil von besondern Arbeitern besorgt, und die Hütten bezahlen für die Tonne durchschnittlich 0,50 Schilling.

Transport der Erze von den Cornwalliser Häfen bis zu den Waleser Hütten. — Endlich werden die Erze von den Cornwalliser und Devonshirer Häfen zu den Hütten oder zu den nächsten Häfen durch Schiffe und Schiffsmannschaften geführt, die sich fast ausschließlich damit beschäftigen, und zwar so wohlfeil, wie es stets der Fall ist, wenn ein Gewerbe in großem Maßstabe ausgeführt wird. Gewöhnlich tragen die Fahrzeuge 100 bis 150 Tonnen, jedoch finden sich auch kleinere bis 60 und größere bis 220 Tonnen. Da diese Fahrzeuge zu allen Zeiten in die Mündungen der Flüsse, an denen die hauptsächlichsten Hütten liegen, eintreten müssen, so dürfen sie nicht tiefer als 3,20 Meter (10 Fuß) im Wasser gehen.

Ein Schiff von dem durchschnittlichen Gehalt von 130 Tonnen ist gewöhnlich mit acht Mann bemannt, welche zusammen monatlich 425 Schilling Löhnung erhalten. Manche von den Fahrzeugen gehören den Hütten, manche den Capitänen, welche sie führen, die meisten aber fremden Rhedern. Außer der Löhnung erhält die Mannschaft Nahrung, welche gewöhnlich der Capitän besorgt und die auf den Mann 1,08 Schilling täglich beträgt. — Diese Küstenfahrzeuge werden in den kleinern Häfen von Cornwall erbauet, und man bezahlt für die Tonne Tragfähigkeit segelfertig 240 Schilling; schon gebraucht, kauft man sie oft weit billiger.

Ein solches Schiff macht jährlich gewöhnlich 13 Fahrten hin und zurück zwischen Cornwall und Wales, so daß eins von 130 Tonnen, jährlich 1690 Tonnen (à 20 engl. Centner) fortschafft. Die Entfernung zwischen den wichtigsten Häfen in beiden Provinzen beträgt durchschnittlich 250 Kilometer, so daß sich der ganze durchfahrene Raum jährlich auf 6500 Kilometer beläuft. Rechnet man Fest-, Sonn- und andere Ruhetage, Aufenthalte durch Sturm, Haverei rc., so kommen 320 Fahrtage heraus, von denen bloß 160 auf den Transport der Kupfererze kommen.

Die Frachtpreise sind nach verschiedenen Umständen verschieden, hauptsächlich nach der Jahreszeit. Die Tonne Kupfererz, so wie sie der Verkäufer abliefert, d. h. 21 Centn. à 112 Pfd., kostet im Sommer 3,50 Schill., im Winter zuweilen 5 Schill.; der mittlere Preis ist daher 4 Schill. Was nun dieses Gewerbe besonders begünstigt, ist der Umstand, daß dieselben Fahrzeuge, welche Kupfererze von Cornwall nach Wales schaffen, als Rückfracht Steinkohlen einnehmen, da Wales Ueberfluß daran hat, dieselben in Cornwall aber gänzlich fehlen, wogegen der Verbrauch zu häuslichen Zwecken, zur Feuerung der in den Gruben angewendeten Wasserhaltungs- und Förderungsmaschinen, in den Maschinenbauanstalten, in den Schmelzhütten und Gießereien, die mit den Gruben verbunden sind rc., sehr bedeutend, dem Gewicht nach bedeutender, als das der zu transportirenden Erze ist. Für die ganze Fahrt ist daher die Fracht für die Kohlen der bedeutendere Theil. Die Steinkohlen werden entweder von den Führern der Fahrzeuge in Wales angekauft, oder die Steinkohlengrubenbesitzer versenden ihr Product und dann beträgt die Fracht für die Tonne von 20 Centner im Durchschnitt 5 Schilling. Diese für die Waleser Kupferhütten sehr günstige Combination reducirt die Fracht für die Tonne Erz auf 0,015 Schill. (0,018 Fr.) für das Kilometer, während sie ohne diesen Umstand 0,035 Sch. (0,043 Fr.) betragen würde. Die Transportkosten, welche die Waleser Hütten zu bezahlen haben, betragen daher etwa nur den zwanzigsten

Theil von denen, welche gewöhnlich die bedeutendsten Berg- oder Hüttenwerke des Festlandes, für gleiche Strecken in gebirgigen Gegenden, entrichten müssen. Es folgt daraus, daß obgleich die Gruben von den Waleser Schmelzhütten sehr weit entfernt sind, obgleich der Kies, von woher sie ihre Erze nehmen, ein fast unendlicher ist, diese Hütten in Beziehung auf den Transport in einer weit günstigern Lage sind, als die meisten Kupferhütten auf dem Festlande, die weniger als 10 Kilometer (1¼ preuß. Meile) von den wenigen, sie versorgenden Gruben entfernt liegen. Diese Gesammtheit günstiger Verhältnisse der Waleser Schmelzhütten ist eine von den Hauptursachen ihres Gedeihens.

Nach den vorliegenden vergleichenden Rechnungen ist es weit vortheilhafter, wenn die Hütten ihre Fahrzeuge zum Erztransport selbst halten, da die Unternehmer stets einen namhaften Gewinn haben und in jenem Fall die Fracht für die Tonne nur 2,35 Schill., in dem letztern Falle aber 3,8 Schill. beträgt. Rechnet man nun noch auf die Steinkohlenfrachten, so stellen sich, wie schon bemerkt, noch günstigere Sätze heraus.

Die jährlich nach Swansea geschafften Kupfererze bilden ein Gesammtgewicht von 200,000 Tonnen, nämlich: 165,000 Tonnen von Cornwall und Devon und 35,000 Tonnen von den beiden Ufern des Irländischen Meeres. Diese letztern Erze werden fast unter denselben Verhältnissen transportirt, wie die Cornwalliser. Die Erzförderung nach den Waleser Kupferhütten, erfordert daher die regelmäßigen und ununterbrochenen Fahrten von 128 Fahrzeugen, zusammen mit eine Tragfähigkeit von 15,340 Tonnen und mit einer Mannschaft von etwa 1000 Köpfen.

Ausschiffen der Cornwalliser Erze; Transport zu den Niederlagen der Hütten. — Die hauptsächlichsten Waleser Kupferhütten liegen in der Nähe der Mündungen kleiner Flüsse und innerhalb des schiffbaren Theiles derselben, so daß die auf dem Meere aus Cornwall herbeigeschafften Erze sogleich direct in denselben ausgeladen werden können. Die Hütten sind zu dem Ende mit einem Quai versehen (Taf. III. Fig. 4, 5 und 6), bis zu welchem die Fahrzeuge selbst einige Stunden vor oder nach der Ebbe gelangen können. Die Schiffsmannschaft ist verpflichtet, die Erze bis zu dem Niveau der großen Haufen zu bringen, die sich in einem Hofe an dem Quai befinden. Die Sohle des Hofes liegt mit dem Quai in gleicher Ebene und wenigstens 0,30 Meter (1 Fuß) höher als das Hochwasser zu Aequinoctium. Das Füllen der Körbe, der horizontale Transport der Erze und ihr Aufschütten auf die Haufen geschieht von besondern, von der Hütte bezahlten Arbeitern. Es wird diese Arbeit im Gedinge von sehr kräftigen und fleißigen Leuten ausgeführt, und ich habe dabei Folgendes zu bemerken Gelegenheit gehabt.

Ein Schiffsgefäß von 130 Tonnen, welches um 5 Uhr früh angelangt war, wurde bis 3 Uhr Nachmittags gänzlich entladen, so daß es seine Steinkohlenladung als Rückfracht einnehmen konnte. Nach Abzug von einer Stunde Ruhe, wurde die Arbeit in 9 Stunden vollbracht. Sechs Matrosen erhoben das in Körben geladene Erz mit Hülfe eines Krahns aus dem Fahrzeuge bis zu einer Höhe, die 1 bis 5 Meter über dem Niveau des Quai liegt, während die Tiefe unter demselben, aus welcher das Aufziehen bewerkstelligt werden mußte, mit dem Stande der Fluth und dem Grade der Entleerung des Schiffes 3 bis 6 Meter, daher die ganze senkrechte Höhe, auf welche die Erze zu fördern waren, im Durchschnitt 7,50 Meter betrug. Vierzehn andere Arbeiter halfen der Schiffsmannschaft: vier derselben waren in dem Schiffsraum mit Füllen der Körbe beschäftigt, welche die Mannschaft aufzog; vier andere waren

bald auf der Brücke, bald auf dem Quai und bald auf einem Gerüst beschäftigt, nahmen die Körbe ab und füllten die Karren; sechs Förderleute schafften die gefüllten Karren auf eine mittlere Entfernung von 30 Meter bis zu einem Puncte fort, der gewöhnlich 1 — 3 Meter über dem Ausgangspuncte liegt. Jeder Fördermann erhält 0,0416 Schilling für die Tonne und daher für die geleistete Arbeit 5,41 Schill. Dieser Theil des Transports veranlaßt auf die Tonne eine Ausgabe von 0,25 Schill. Die 8 übrigen Arbeiter, welche eine geringere Leistung haben, erhalten für die Tonne nur etwa 0,167 Schill. Diese Kosten werden immer nach einem Gewichsquantum von 21 Centnern regulirt und steigen, wie man sieht, bis auf 0,417 Schilling.

Transport der fremden Erze von den Ablagerungen zu Swansea bis zu den Schmelzhütten. — Da die fremden Erze, die aus Irland, aus Wales rc., den Hütten nur ab Swansea verkauft werden, so werden sie dorthin und nicht direct zu den Hütten transportirt. Die Agenten der aus- und inländischen Gruben schütten sie zuvörderst auf den Quais ab, die zu dem Ende zu Swansea besonders vorgerichtet sind. Dort werden auch von den Agenten der Hütten und den Steuerbeamten die Stücke zur Probe genommen, und von dort aus werden auch die in den Versteigerungen angekauften Erze nach den Hütten transportirt, und es erfolgt dieser Transport gänzlich auf deren Kosten. Die dazu benutzten Fahrzeuge sind kleiner und gehen nicht so tief im Wasser als die, welche zum Erztransport nach Cornwall dienen. Man gebraucht für die Erze, welche zu den Hütten in der Nähe von Neath-Abbey gehen, einen parallel mit dem Meeresufer gezogenen Kanal. Die größten Entfernungen, die man zu durchschiffen hat, betragen in östlicher Richtung 12 und in westlicher Richtung, nach den bei Aberavon und Llanelly liegenden Hütten, 50 Kilometer. Die höhern Frachten nach diesen letztern Hütten werden durch das an jenem steinkohlenreichen Küstenstrich wohlfeilere Brennmaterial wieder ausgeglichen. Seitdem sich der Handel mit fremden Erzen mehr ausgedehnt hat, scheinen sich die an dem Swanseaflusse liegenden Hütten rascher zu entwickeln. Eine der größten Schmelzhütten von den letztern, die etwa 2 Kilometer von den Erzniederlagen zu Swansea entfernt liegt, transportirt die Erze von dort in flachen Fahrzeugen zur Hütte, die höchstens 2,10 Meter tief gehen und das ganze Jahr hindurch dazu gebraucht werden. Die Bedienung des Schiffes besteht aus 4 Mann, die wöchentlich 89,5 Schill. Sold beziehen und die auch mit einigen Hülfsarbeitern das Ein- und Ausladen besorgen; letztere sind ganz dieselben, wie bei den Erzen aus Cornwall. Die Ladekosten sind je nach der Entfernung des Erzhaufens von dem Schiff verschieden, d. h. der Mann bekommt stets 0,042 Schill. für die Tonne; allein es werden mehr oder weniger Arbeiter angewendet, wobei man einer gewissen Uebereinkunft folgt. Die Entfernung der Haufen vom Fahrzeuge beträgt 15 bis 100 Meter mit einem der Förderung in Karren rc. stets günstigen Abfall, und bei geringen Entfernungen gebraucht man zwei und bei bedeutenden fünf Menschen, so daß diese Transportkosten vom Haufen in das Fahrzeug von 0,083 bis 0,208 Schill. differiren. Man gebraucht unter diesen Umständen eine achtstündige angestrengte Arbeit zum Beladen eines Schiffes, und ein Arbeiter verdient dabei 5 Schillinge.

Ein Tag wird zum Beladen und zum Führen des Fahrzeugs vom Quai nach der Hütte, und der folgende wird zum Ausladen und zur Zurückfahrt angewendet. Man macht demnach während der 6 Tage in der Woche drei Fahrten und transportirt 360 Tonnen. Die jährlichen Kosten eines solchen Fahrzeugs betragen etwa 300 Schilling.

Wir stellen in der nachstehenden kleinen Tabelle die Kosten an Arbeitslöhnen rc., des Transports von den Gruben bis zu den Schmelzhütten, auf 1 Tonne Erz folgendermaßen zusammen:

	Erze, angekauft	
	in Cornwall.	zu Swansea.
	Schill.	Schill.
Transport von den Gruben zum Hafen (durchschnittlich)	3,00	—
Ladekosten	0,50	0,15
Meerestransport zu den Hütten	3,82	0,40
Ausladungskosten	0,40	0,40
Summa	7,40	0,95

Allgemeine Angaben über die physikalische Beschaffenheit der Erze. — Die in den Waleser Hütten verscholzenen Erze umfassen fast alle Mineralgattungen und selbst Abänderungen, welche in andern Bergwerksgegenden für sich zu Gute gemacht werden. Die relative Menge von den verschiedenen Gattungen, die sich auf den Hütten aufgeschüttet finden, ist etwa die, wie sie der Geolog beim Studium der verschiedenen Kupfererz-Lagerstätten eines großen Continentes finden würde. Die häufigste Gattung ist ohne Widerrede der Kupferkies, der etwa zwei Drittel aller in den Hütten verbrauchten Erze umfaßt. Es kommt alsdann der Malachit (grünes kohlensaures Kupfer), die an Metall reichern Verbindungen von Schwefelkupfer und Schwefeleisen, als der Kupferkies, das Rothkupfererz (Kupferoxydul), das phosphor- und arseniksaure Kupfer, der Kupferglanz, das Fahlerz, die Kupferschwärze, die Kupferlasur (blau-kohlensaures Kupfer), das gediegene Kupfer, die wasserhaltigen Kupfer-Silikate, endlich einige andere, zufällig vorkommende Gattungen, ohne hüttenmännische Wichtigkeit. Diese Bestandtheile der Erze kommen nur mit zwei Gangarten vor, mit dem Quarz und dem Eisen- oder Schwefelkies; andere Gangarten sind nur ein schwacher Bruch von dem Gewicht des Ganzen. Unter denen, welche sich vor Allem wegen ihres häufigern Vorkommens oder wegen des Einflusses auszeichnen, den die Bestandtheile auf die Hüttenprozesse ausüben, muß man zuvörderst den Thonschiefer, so wie die Thone und andere thonige Gesteine, die Serpentine und andere bittererdehaltige Felsarten, den kohlensauren Kalk, sowohl rein, als mit den isomorphen Carbonaten des Eisens, Mangans und der Bittererde verbunden; ferner Arsenikkies, Eisen-, Mangan- und Zinnoxyd, endlich schwefelhaltige Verbindungen von Nickel und Kobalt, hierher rechnen. Die chemischen Untersuchungen, deren Resultate in den Abschn. III. bis XII. mitgetheilt worden sind, haben mir weiter unten (in Abschn. II.) die Bestandtheile der in den großartigen Waleser Hütten zu Gute gemachten Erze sehr genau nachzuweisen gestattet. Dort sieht man auch die Classificirung, welche die Hütten bei den verschiedenen Erzen machen, um sie den Hüttenprozessen zu unterwerfen.

Die sich an die Zusammensetzung und an die physikalische Natur der Erze knüpfenden Fragen sind die Basen des Waleser Hüttenwesens und treten ganz natürlich in allen Unterabtheilungen dieses Werkes hervor. Um Wiederholungen zu vermeiden, glaube ich daher die allgemeinen Betrachtungen über die

Erze, auf die obigen Details beschränken zu müssen und behalte mir vor, das Speziellere gelegentlich aufzuführen.

Künstliche Producte, die in den Waleser Schmelzhütten zu Gute gemacht werden. — Wir müssen hier noch einiger Kunstproducte erwähnen, welche von den Hütten wegen ihres Kupfergehalts, auf dieselbe Weise und zu denselben Zwecken angekauft werden, wie die eigentlichen Erze. Dahin gehören: der aus Chili eingeführte Kupferstein, verschiedene Abfälle von den Kupferhämmern und Kupferwalzwerken, alte Schlacken, die noch einen bedeutenden Kupfergehalt haben u. s. w. Es wird an den gehörigen Orten die Rolle angegeben werden, welche diese verschiedenen Producte in den Hüttenprozessen spielen. Im Allgemeinen sind sie leichter zu Gute zu machen als Erze und werden bei gleichem Gehalt, oder mit andern Worten, mit einem höhern Standard besser bezahlt.

Flußmittel oder Zuschläge. — Die Flüsse oder erdigen Reagentien werden bei der Waleser Methode in einem weit beträchtlichern Verhältniß angewendet, als bei den meisten Kupferhüttenprozessen auf dem Festlande. Ihr Gewicht bildet, im Vergleich zu dem der verschiedenen Substanzen, welche die Schmelzmaterialien bilden,

0,11 von dem Gewicht der behandelten Erze;
0,13 von den Substanzen außer dem Kupfer;
0,29 von den erdigen Gangarten;
0,87 von dem Kupfer in den Erzen.

Diese wesentlich aus kieseligen oder thonigen Materien bestehenden Substanzen wirken hauptsächlich durch ihren Kieselgehalt. Bei dem einen Prozeß greift das Fluorcalcium oder der Flußspath ein; bei den meisten andern läßt man auf die Kieselerde eine bemerkenswerthe Menge von Thon und Kalk einwirken. Auf den ersten Blick in die Rechnungen der Hütten könnte man glauben, daß das Verhältniß der Flüsse weit geringer sei, als ich dasselbe angegeben. Wirklich wird nur ein Drittel von dieser Menge besonders zugeschlagen; das Uebrige wird im Verlauf der Prozesse von den Wänden der Oefen, in denen die Substanzen reagiren, aufgenommen. Jedoch zeigt sich dieser Umstand nicht ausschließlich bei der Waleser Methode; es muß in dieser Beziehung bemerkt werden, daß, aus Mangel an genauen Beobachtungen über diesen Punct, viele Hüttenprozesse nicht unter ihrer wahren Gestalt beobachtet worden sind. Als eigenthümlich muß hier bemerkt werden, daß, die Wirkung der erdigen Substanzen, welche die Wände der Oefen bilden, viel deutlicher und wesentlicher ist, als meines Wissens bei irgend einem andern Zweige des Hüttenwesens. Ich habe mich bemühet, alle Bemerkungen zu sammeln und alle nothwendigen chemischen Studien zu machen, um diese interessante Eigenthümlichkeit der Waleser Methode in das gehörige Licht zu setzen. (Siehe Abschn. XIII., die Tabellen I. bis X.)

Chemische Zusammensetzung und Preis des Flußspaths. — Das einzige Flußmittel, welches man besonders zusetzt, bildet nur ein Drittel von dem ganzen Gewicht der bei den Waleser Schmelzprozessen vorkommenden erdigen Substanzen; es ist der Flußspath, in der englischen Hüttenmannssprache kurzweg Spath genannt; man schreibt ihm eine große Wirksamkeit zu. Der Waleser Flußspath enthält jedoch viel Thon, und die Thonerde desselben befördert die Schmelzung des Kalks, der Bittererde und gewisser Metalloxyde. Der Flußspath, den man in den Waleser Hütten zuschlägt, kommt gewöhnlich aus dem östlichen Theil von Cornwall und besonders aus den Bleierzgruben am Flusse

Tamar. Sein Transport wird auf dieselbe Weise bewerkstelligt, wie die in derselben Gegend vorkommenden Kupfererze. Die Tonne kostet auf den Ablagern der Grube im Hafen 10 Schill., wovon etwa die Hälfte auf die Förderung kommt. Er wird ohne irgend eine mechanische Aufbereitung benutzt, und das Material enthält den eigentlichen Flußspath oder das Fluorcalcium in Bruchstücken von Nußgröße; die thonige Substanz findet sich darin als Letten oder halbzersetzter Thonschiefer. Eine Analyse von Stückchen, die von großen Haufen genommen worden sind, gab folgende Zusammensetzung:

Fluor	0,300
Calcium	0,330
Kieselerde	0,247
Eisenoxyd	0,011
Thonerde	0,068
Kalkerde	0,013
Wasser und Kohlensäure	0,031
	1,000

Welches gleich ist:

Fluorcalcium	0,630
Wasserhaltiges Thonerde-Silicat	0,336
Eisenoxyd	0,011
Kohlensaurer Kalk	0,023
	1,000

Die Waleser Kupferhütten verbrauchen jährlich 7800 Tonnen Fluß, der zu gleicher Zeit mit den Kupfererzen herbeigeschafft wird. Es können jedoch die Fahrzeuge von dem Flusse Tamar nur 11 Reisen jährlich machen, so daß, wenn der Fluß von besondern Schiffen transportirt würde, dazu 6 von 130 Tonnen Tragfähigkeit erforderlich werden würden.

Chemische Zusammensetzung und Preis des Sandes, der zur Herdsohle der Schmelzöfen benutzt wird. — Eine zweite, sehr wichtige Substanz ist ein quarziger Sand, der auf zweierlei Weise bei den Hüttenprozessen einwirkt. Der größte Theil wird zur Bildung von den Sohlen der Flammöfen benutzt, in denen die Schmelzprozesse ausgeführt werden. Diese Herdsohlen werden meistentheils unaufhörlich angegriffen und durch die Wirkung der mit ihnen in Berührung stehenden Reagentien zerfressen. Andererseits, wenn sie nicht zerfressen werden, nehmen sie kupferhaltige Substanzen auf und geben, wenn die Oefen umgebauet oder reparirt werden, ein an Kupfer reiches Gekrätz (Reste von den Oefen), die man als Zuschläge zu den Erzen verwendet.

Die Substanzen, welche zur Bildung der Ofensohlen benutzt werden, haben mehre wichtige Bedingungen zu erfüllen; einestheils müssen sie feuerfest genug sein, um in der Hitze nicht zu schmelzen, anderntheils müssen sie sich aber erweichen, damit die sich verbindenden Theilchen eine gewisse Consistenz erlangen und die Reibung so wie einen Stoß der Werkzeuge oder Gezähe ertragen können. Da es nun aber unmöglich ist, zur Bildung der Herdsohlen eine Substanz zu finden, welche allen nöthigen Bedingungen entspricht, die nämlich der Einwirkung der in Fluß gerathenen Substanzen widersteht und nicht in die Zusammensetzung der Schlacken eingeht, welche sich bei den Hüttenprozessen bilden; so muß man so viel als möglich solche Substanzen wählen, die der Schlackenbildung. Nutzen bringen und den Zuschlag eines andern äquivalenten Flusses unnöthig machen. Es ist dies eine wesentliche Bedingung, und mehre Metallur-

gen sind bloß deshalb unglücklich bei ihren Versuchen, die Waleser Prozesse einzuführen, gewesen, weil sie dies unberücksichtigt gelassen haben. Man hat einen guten Herdsand in der Nähe der Hütten beim Graben des Kanals, der die beiden Flüßchen Neath und Swansea verbindet und parallel mit dem Meeresufer läuft und dann auch an diesem, in der Nähe von Swansea, gefunden. Der in Wagen nach den Hütten transportirte Sand kostet gewöhnlich 2,75 Schill. die Tonne. Man benutzt ihn ohne irgend eine Vorbereitung gänzlich in dem Zustande, in welchem er gefunden wird. Der Sand besteht aus sehr feinen, jedoch ungleich großen Körnern, die etwa zu $\frac{9}{10}$ aus reinem Quarz und außerdem aus Kalktheilchen bestehen. Hin und wieder sieht man Streifen, die durch Eisenoxyd, oder durch hornblende- und glimmerartige Gesteine gefärbt worden sind. Man erkennt dies durch die Loupe, und genaue Analysen geben folgende Zusammensetzung:

Quarz und Kieselerde	0,860
Kalkerde	0,057
Bittererde	0,008
Thonerde	0,016
Eisenoxyd	0,012
Kohlensäure, Spuren von Wasser	0,045
	0,998

Feuerfeste Ziegelsteine, die zu der Construction der Oefen gebraucht werden; Fabrikationsorte und Preis. — Die feuerfesten Ziegelsteine, welche zur Ausführung des größten Theils der Oefen angewendet werden, spielen eine ähnliche Rolle wie der Herdsand. Ein Theil dieser Steine wird durch die Hitze und die angewendeten Flußmittel unmittelbar aufgelöset; ein anderer Theil wird mit kupferigen Substanzen genau durchdrungen, und wenn die Oefen wegen Umbau oder Reparatur eingerissen werden, so werden sie sorgfältig geschieden und werden dann wie Erze ähnlicher Art, zu Gute gemacht. Alles solches Gekrätz, welches von den innern Ofenmauern herrührt, spielt, wie wir weiter unten (Abschn. VI. und XIII., Tabelle IV.) sehen werden, eine wichtige Rolle bei dem einen oder dem andern von den Waleser Kupferprozessen. Man nennt diese mit Kupfer imprägnirten Ofensteine im Englischen cobbing, welches sich nicht anders als mit Ofenresten übersetzen läßt. Das mit mineralischen Schätzen so reich gesegnete Wales enthält sicher in seinem eigenen Boden alle zu dem Schmelzofenbau erforderlichen Materialien; allein es kommt auch hier der Umstand ins Spiel, daß die Hütten nie fern vom Meeresufer liegen und daß die Schiffer, welche Steinkohlen aus Wales nach verschiedenen Küstenpuncten Englands führen, die Materialien zu, und auch die fertigen feuerfesten Steine, welche zu dem Ofenbau erforderlich sind für eine sehr billige Rückfracht, mit nach Wales zurücknehmen.

Die besten feuerfesten Steine kommen aus dem südlichen Staffordshire. Die dazu angewendeten Materialien finden sich in dem berühmten Steinkohlengebirge jener Provinz; sie werden in der Nähe der kleinen Stadt Stourbridge gewonnen und verarbeitet. Die fertigen Ziegelsteine werden auf dem Kanal von Stourbridge nach Stourport, dann auf dem Severn über Worcester und Glocester nach dem Kanal von Bristol und endlich auf dem Meere bis zu den Hütten transportirt. Die Ziegelsteine werden auf Bestellung in den verschiedenen Formen angefertigt, wie sie die Construction der Oefen erfordert; jedoch werden außergewöhnliche Formen im Allgemeinen von den Waleser Maurern wenig gebraucht, indem dieselben fast alle Constructionen mit gewöhnlichen

parallelepipedischen Steinen von gleichartigem Format, sehr fest ausführen. Die Stourbridge-Steine sind gewöhnlich 9 Zoll lang und 4½ Zoll breit; ihre Dicke ist so, daß zwei Steine nebst der dünnen, sie verbindenden Mörtelschicht, zusammen durchschnittlich 6 Zoll messen. Die Ziegeleien zu Stourbridge haben fast sämmtlich zu Stourport am Severn Niederlagen; der Preis für 1000 Stück ist dort 60 Schill. mit Einschluß von 6 Schill. Steuer, welche von jedem Tausend fertiger Ziegelsteine erhoben wird. Da die Transportkosten bei einer durchschnittlichen Entfernung von 225 Kilometer, à 0,047 Schill. die Tonne, etwa 30 Schill. betragen, so kosten die Steine auf den Hütten 90 Schill.

Versuche im Kleinen haben gezeigt, daß die Dichtigkeit dieser Ziegelsteine 1,46 bis 1,65 betragen, so daß bei den obigen Dimensionen das Tausend 2,97 Kub. Met. Volum hat und 2880 Kilogr. oder 2,83 Tonnen wiegt.

Eine weniger gute Sorte feuerfester Ziegelsteine wird in Wales selbst und zwar in dem Hüttendistrict angefertigt; man kennt sie unter der Benennung Ziegelsteine von Neath, indem an diesem Orte eine Niederlage davon existirt. Die gewöhnliche Sorte hat gleiche Dimensionen mit den Stourbridge-Steinen, nur sind sie um einige Millimeter stärker. Das Tausend, welches etwa 2,90 Tonnen wiegt, kostet auf den Hütten bei Swansea 72 Schill., wobei 2 Schill. Transportkosten auf dem Kanal und 6 Schill. Steuer.

Eine dritte Sorte feuerfester Ziegeln sind die sogenannten Flintshirer, deren Materialien ebenfalls aus dem Steinkohlengebirge kommen. Im Hafen des Städtchens Flint an der Nordküste von Wales, kostet das Tausend etwa 30 Schill.; die Transportkosten auf dem Meere betragen 25 Schill. für das Tausend. In den Niederlagen zu Swansea kostet das Tausend 60 Schill.

Die feuerfesten Stourbridge-Ziegeln enthalten nur Spuren von Bittererde und Eisenoxyd, die mit ihren wesentlichen Bestandtheilen Kiesel- und Thonerde gebunden erscheinen. Das Verhältniß der Thonerde ist in diesen feuerfesten Steinen weit größer, als in allen andern bekannten und im Hüttenwesen angewendeten; es beträgt dies Verhältniß gewöhnlich 0,28 bis 0,36. An einem andern Orte[1]) habe ich selbst gezeigt, daß zu gewissen Zwecken das Steinkohlengebirge in der Nähe von Stourbridge einen Thon führt, welcher nach dem Brennen bis 0,45 Thonerde enthält. Die feuerfesten Ziegeln von Neath und aus Flintshire sind minder reich an Thonerde und enthalten mehr Kieselerde; zuweilen enthalten sie eine merkliche Menge von Bittererde und Eisenoxyd. Die ganze Masse der Ziegelsteine aufgelöst oder als sogenannter cobbing, durch die metallurgischen Einwirkungen, hat annähernd folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	0,795
Thonerde	0,200
Bittererde	0,003
Eisenoxyd	0,002
	1,000

Man benutzt auch etwas halbfeuerfesten Thon, von welchem die Tonne 8 Schill. kostet, um die Seitenwände gewisser Oefen von Zeit zu Zeit zu überziehen und sie gegen die zerfressende Einwirkung der Schlacken zu schützen.

Gewöhnliche Ziegelsteine; Fabrikationsorte und Preis. — Die gewöhnlichen rothen Ziegelsteine, welche da gebraucht werden, wo kein feuerfestes

[1]) „Ueber die Stahlfabrikation in Yorkshire" in der „Berg- und hüttenmännischen Zeitung," 1844, S. 488 ꝛc.

Material erforderlich ist, kommen meistentheils aus der Umgegend von Bridgewater in Sommersetshire. Die Materialien liefern die secundären Formationen, die in diesem mittlern Theile der Bucht von Bristol auf den ältern Gesteinen abgelagert sind, welche die beiden Flügel bilden. Das Tausend kommt auf 30 Schill. in den Waleser Hütten zu stehen, d. h. 27½ Schill. Kaufpreis und Steuer und 2½ Schill. Fracht auf eine mittlere Entfernung von 80 Kilomet.

Allgemeine Betrachtungen über das benutzte Brennmaterial. — Die Brennmaterialien bilden den Hauptgegenstand der Waleser Kupferhütten; sie werden im Wesentlichen zur Wärmeentwickelung, die zu den Wirkungen erforderlich ist, angewendet, bilden aber selbst keine Reagens, wie dies bei den meisten Hüttenprozessen auf dem Festlande der Fall ist. Man benutzt in den Kupferhütten gewöhnlich diejenigen Abänderungen von Steinkohlen, welche zu andern Dingen weniger oder gar nicht benutzt werden können. Die Backkohlen, sowohl grobe als kleine, können auf dem Meere zur Versorgung der Küsten von Großbritannien verschifft werden; allein die Sandkohlen und besonders der Anthracit, an denen Wales so reich ist, können nur in großen Stücken die Transportkosten tragen. Wales exportirt jährlich 900,000 Tonnen Steinkohlen, von denen etwa zwei Drittel nicht backende sind, jedoch nur in Stücken. Da aber nun bei der Gewinnung dieser letztern auch viel kleine und Staubkohlen fallen. In der Hitze backen dieselben nicht zusammen und können nicht verkoakt werden. Auch auf dem Rost der meisten Oefen können sie nicht verbraucht werden, weil sie zwischen den Stäben durchfallen, wenn man sie in geringen Mengen aufschüttet, während im entgegengesetzen Falle der Rost gänzlich verstopft wird. Dieselbe Schwierigkeit zeigt sich in allen kohlenreichen Gegenden, welche große Mengen ausführen, z. B. bei Newcastle, wo man, damit sich die Staubkohlen nicht anhäufen, dieselben an der Oberfläche der Grubenhalden verbrennt. Zu gewissen speziellen Verwendungen, wobei keine hohen Temperaturen erforderlich sind, wo man keiner Roste bedarf und wo das Brennmaterial selbst mit den festen Materialien, die man bearbeiten will, vermengt und getheilt werden kann, lassen sich kleine Sandkohlen und kleiner Anthracit recht gut benutzen. Jedoch sind solche Verwendungen, wie das Kalkbrennen, die Erzröstung rc., sehr beschränkt. Seit langer Zeit haben es die Metallurgen vergebens versucht, eine gute Benutzung der trocknen Staubkohlen aufzufinden. Untersuchungen dieser Art erhielten in verschiedenen Bergwerksgegenden des europäischen Festlandes einen neuen Impuls, als ich im Jahre 1835 bewiesen hatte, daß die in den Schachtöfen verwendeten festen Brennmaterialien im Wesentlichen nur durch ihre gasigen Producte wirkten. Man ging bei diesen neuen Versuchen von der Idee aus, die Brennmaterialien zuvörderst in Schachtöfen mit Gebläsen in Gas zu verwandeln und dann diese Gase in besondere Apparate zu leiten, um ihre chemischen und heizenden Eigenschaften zu benutzen. Die Versuche dieser Art, welche ich in allen Ländern des Festlandes bis jetzt zu beobachten Gelegenheit hatte, haben bis jetzt den Erwartungen ihrer Experimentatoren noch nicht entsprochen. Fast immer haben die aus der Verwickelung der Apparate folgenden Nachtheile die zu erlangenden Vortheile wieder aufgehoben; ja oft haben diese Versuche viel Geld gekostet und sind gar nicht gelungen.

Es muß bemerkt werden, daß schon zu der Zeit, als man auf dem Continent es ohne Erfolg versucht hatte, mit Hülfe kostbarer Apparate die staubartigen, nicht backenden Brennmaterialien zu den Schmelzprozessen anzuwenden, diese Aufgabe von den Waleser Hüttenleuten bereits auf eine eben so einfache als wirksame Weise gelöst worden war. Dieser sinnreichen Erfindung ver-

danken die Waleser Kupferhütten ohne Widerrede den Vorrang, den sie bis jetzt eingenommen haben. Es würde ihnen schwer geworden sein, das Monopol der Zugutemachung der ausländischen Erze zu behalten, wenn sie mit verkäuflichen Steinkohlen hätten feuern sollen, die einen so vortheilhaften Absatz in die Küstengegenden des Inselreichs und des europäischen Festlandes finden. Sowohl bei dieser, wie bei allen Gelegenheiten, die der Geschichte der Gewerbe angehören, muß man erstaunen, daß eine der sinnreichsten und bemerkenswerthesten Erfindungen der Metallurgie bis jetzt noch von keinem technischen Schriftsteller Englands bemerkt und beschrieben worden ist. Seit dem Jahre 1836, wo ich meine erste Reise nach England machte, war meine Aufmerksamkeit sehr lebhaft auf die Verwandlung der Brennmaterialien in Gase gerichtet, und seit jener Zeit konnte ich auch das Charakteristische der Waleser Methode bemerken. Jedoch konnte ich durchaus nicht erfahren, seit welcher Zeit sie in der Praxis eingeführt worden sei.

In den Abschn. III. und IV. werde ich diese sinnreiche Verbrennung der staubartigen Sandkohlen speziell beschreiben, und ich beschränke mich hier auf die Beschaffenheit und den Preis der verschiedenen benutzten Steinkohlenarten.

Staubartiger Anthracit; chemische Zusammensetzung, Vorkommen und Preis. — Das Hauptbrennmaterial beim Waleser Kupferhüttenwesen sind die staubartigen Anthracite, deren Theilchen durch die plötzliche Einwirkung der Hitze nicht zusammen backen. Sie bilden den nicht verkäuflichen Rückstand jener so berühmten Steinkohlen, die Wales jetzt in so großen Mengen ausführt und die außer andern Benutzungen, nebst den Newcastler Steinkohlen zur Feuerung aller Dampfschiffe auf der Erde dienen. Mit Hinweglassung der erdigen Theile betrachtet, geben sie bei der Calcination in verschlossenen Gefäßen 0,80 bis 0,85 feste Kohle. Mehr im Gemenge mit erdigen Theilen, wie es aber bei dem Anthracit in Stücken nicht der Fall ist, enthält er jedoch nur eine mäßige Quantität von 0,05 bis 0,10. Die folgenden Resultate geben die chemische Zusammensetzung von fünf gleichzeitig angewendeten Steinkohlen-Varietäten. Man vermengt sie oft mit einander und benutzt sie in einer der größten Hütten unweit Swansea. Die Proben, mit denen ich die Versuche anstellte, wurden mit großer Sorgfalt von bedeutenden Haufen, die von fünf verschiedenen Flötzen herrührten, genommen.

Bezeichnung der Varietäten.	Feste Kohle, erhalten durch die Destillation von 1,000 Brennmaterial, den Aschengehalt unberücksichtigt gelassen	Resultate der Destillation in 1,000 Brennmaterial.			
		Feste Substanzen.			Gasförmige Substanzen.
		Kohle	Asche.	Summa.	
Erste Varietät	0,800	0,742	0,073	0,815	0,185
Zweite Varietät . .	0,801	0,635	0,145	0,830	0,170
Dritte Varietät . .	0,804	0,765	0,049	0,814	0,186
Vierte Varietät . .	0,842	0,800	0,050	0,850	0,150
Fünfte Varietät . .	0,853	0,813	0,047	0,860	0,140
Durchschnitt	0,820	0,761	0,073	0,834	0,166

Die Beschaffenheit der Asche spielt, wie wir sehen werden, eine sehr wesentliche Rolle bei der Benutzung des Brennmaterials. Aus diesem Grunde hauptsächlich vereinigt man stets eine gewisse Anzahl von Varietäten in Verhältnissen, welche die Feuerleute durch aufmerksame Beobachtung erkennen. Weiter unten (Abschn. III.) werde ich die Bedingungen angeben, welche diese Substanzen erfüllen müssen.

Da die Waleser Schmelzhütten sehr bedeutende Mengen von Staub-Anthracit verbrauchen, so müssen sie sich aus einem weiten Umkreise versorgen, der sich zuweilen bis 12 Kilometer ausdehnt. Auf den Distanzen, die 3 Kilometer übersteigen, wird das Brennmateial stets auf einem wohlfeilen Wege (Eisenbahn oder Kanal) herbeigeführt, welcher sich im Thalgrunde befindet. Die Hütten in der Gegend von Swansea haben in dieser Beziehung die vortheilhafteste Lage. Die meisten derselben nehmen den Raum zwischen dem Fluß, der die Erze herbeiführt, und dem Kanal ein, der 8 bis 10 Meter über dem Spiegel von jenem geführt worden ist und auf welchem die Steinkohlen gefördert werden. Der Preis des staubartigen Anthracits, mittelst Kähnen auf dem Kanal bis zum Quai der Hütte geschafft, beträgt im Durchschnitt 43 Schill. die Tonne. Dazu kommen noch die Kosten, welche der Transport der Kohlen bis zu den Oefen oder bis zu den Magazinen der Hütte veranlaßt. Es geschieht dies durch besondere Arbeiter, entweder im Tagelohn oder im Gedinge, und sie verdienen in beiden Fällen etwa 3 Schill. täglich. Es fragt sich daher nur, wie viel Arbeiter angewendet werden müssen, um alle nothwendigen Brennmaterialien zu den im Voraus bestimmten Oefen zu schaffen. Da der Kanalbetrieb bei dem in Wales herrschenden Klima, weder durch Frost noch durch Trockenheit zu leiden hat, so braucht man keinen großen Vorrath anzuschaffen, wozu ein bedeutender Platz erforderlich sein würde, der unter so günstigen gewerblichen Umständen kostbar ist. Außer dem Unterhalt einiger großen Magazine, aus denen dann das Feuerungsmaterial genommen wird, wenn eine unvorhergesehene Unterbrechung der Anfuhr stattgefunden hat, schaffen die Arbeiter das zum täglichen Verbrauch erforderliche Brennmaterial nach besondern Räumen in der Nähe der Oefen, oder in die Nähe der Roste. Jeder dieser Förderleute hat jährlich 305 Arbeitstage; in einer Hütte, wo ein für die Förderung günstiger Fall stattfindet, und wo die Entfernung vom Quai bis zu den Oefen etwa 150 Meter beträgt, erhöhet das Lohn dieser Arbeit die Kosten für das Brennmaterial um etwa 0,20 Schill. Die Gesammtkosten für 1 Tonne staubartigen Anthracit sind daher nachstehende:

Ankaufspreis in der Grube	3,61 Schill.
Transport zum Kanal, auf einer mittlern Distanz von 2 Kilometer, auf einer Eisenbahn mittelst Pferden	0,20 „
Transport auf dem Kanal, auf eine mittlere Distanz von 7 Kilometer, mittelst eines Bootes von 20 Tonnen, welches durch ein Pferd gezogen wird	0,49 „
Transport von dem Quai der Hütte bis zu den Oefen, auf Karren, die mit 102 Kilogr. beladen sind	0,20 „
Summa	4,50 Schill.

Anthracit von geringerer Qualität für die Röstöfen. — Die Röstöfen, in denen die Prozesse I. und II. vorgenommen werden, erfordern eine weit geringere Temperatur, als die bei den übrigen 8 Prozessen erforderlich ist. Man verwendet dazu im Allgemeinen einen schlechtern, minder reinen Anthracit, der

im Ankaufspreis auf der Grube nur 3,28 und der in den Hütten nur 4,17 Schill. zu stehen kommt. Ein Versuch mit fünf Varietäten von staubartigem Anthracit dieser Art, die von fünf verschiedenen Flötzen oder Gruben kamen und die zu gleichen Theilen mit einander vermengt wurden, hat gegeben:

Feste Kohle	0,723	0,851
Asche	0,128	
Gasförmige Substanzen . . .		0,149
		1,000

Kleine Backkohlen, die mit dem Anthracit verbraucht werden; Zusammensetzung, Vorkommen und Preis. — Um die Arbeit des Feuerns der Oefen zu erleichtern, setzt man gewöhnlich zu dem Anthracit eine gewisse Menge von kleinen, oder etwas mit groben vermengten Backkohlen zu und zwar 0,25 bis 0,30 von dem Ganzen. Man gewinnt diese Backkohlen oft in der Nähe des Anthracits. In dem Bezirk von Swansea werden die Backkohlen noch mehr in der Nähe der Hütten abgebauet. Zur Vermeidung der Kosten des Umladens, welche bei geringen Entfernungen verhältnißmäßig bedeutend sind, erhalten die Schmelzhütten in der Nähe von Swansea gewöhnlich diese Kohlen mittelst kleiner Wagen, welche den Weg von etwa 2 Kilometern zwischen den Gruben und den Hütten unmittelbar machen und sie in der Nähe des Rostes abladen. Jede gut eingerichtete Hütte muß daher für die kleinen Wagen gut zugängliche Roste haben (Taf. III., Fig. 4.). Die Tonne von den Backkohlen veranlaßt folgende Kosten:

Ankauf auf der Grube	5,37
Transports auf Wagen, 2 Kilom. weit . .	0,54
Zoll an den Barrièren	0,09
	6,00

Die in einer der größten Hütten bei Swansea angewendete Backkohle giebt bei rascher Verkoakung in verschlossenen Gefäßen und nach Abzug der Asche, 0,674 Kohle. Der weitere Verlauf des Versuchs ergab:

Feste Kohle	0,663	0,680
Asche	0,017	
Gasförmige Substanzen . . .		0,320
		1,000

Kohlige Reagentien; ausgesuchter Anthracit; Holzkohle; Holz. — Verschiedene Brennstoffe werden als Reagens bei dem letzten Prozeß, dem Gaarmachen, angewendet, wodurch das Kupfer gereinigt und geschmeidig gemacht wird. Das Bestreben der englischen Metallurgen, überall wo es möglich ist, Holz und Holzkohle durch mineralische Brennstoffe zu ersetzen, hat sich auch bei dieser Unterabtheilung des Waleser Kupferhüttenprozesses gezeigt. Schon seit 1842 hat man in einer der bedeutendsten Hütten bei Swansea die Holzkohlen durch einen Anthracit ersetzt, der eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit hat. Die Arbeiter nennen ihn stonekoal (wörtlich Steinkohle); er hat starken Glanz, muscheligen Bruch, ist fest und nicht leicht zersprengbar, enthält nur sehr wenig erdige Substanzen und gar keinen Eisenkies. Zwei Stücke von verschiedenen Haufen, aber aus derselben Grube, gaben folgende Resultate:

	1 Haufen.	2. Haufen.
Feste Kohle	0,896	0,892
Asche (Kiesel= und Thonerde) . . .	0,014	0,018
Flüchtige Stoffe	0,090	0,090
	1,000	1,000
Feste Kohle (ohne Berücksichtigung der Asche)	0,909	0,908

Dieses eigenthümliche Brennmaterial kommt aus dem obern Theil des Swansea=Thals, aus Gruben, die 25 Kilometer von den Hütten entfernt liegen. Die Tonne kostet auf der Stelle 12 Schill. Jedoch werden, wie Abschn. XII. näher zeigen wird, bei den Hüttenprozessen nur geringe Quantitäten davon angewendet. Man darf annehmen, daß das seltene Vorkommen eines ganz kiesfreien mineralischen Brennmaterials und die wenigen Holzkohlen, welche zum Gaarmachen erfordert werden, dies Material noch lange gehalten haben würden. Und selbst da, wo man mit Anthracit gaar macht, kann man die Holzkohlen zur Darstellung eines feinen Kupfers doch nicht entbehren. Die Tonne Holzkohlen kosten gewöhnlich 50 bis 70 Schill.

Grünes Holz in 5 bis 7 Meter langen Stangen und 0,08 bis 0,10 Meter Stärke am dicken Ende, sind das einzige vegetabilische Brennmaterial, welches man noch in den Waleser Hüttenprozessen gebraucht. (Siehe Abschn. XII.) Die Tonne von diesem Holze kostet auf der Hütte etwa 30 Schill. In einem Stückchen Holz von der gemeinen Esche (Fraxinus excelsior Lin.), welches im Augenblick der Benutzung sorgfältig gewogen und dann im Laboratorium künstlich getrocknet wurde, fand ich:

Holzfaser	0,58
Hygrometrisches Wasser . . .	0,42

Transport der Brennmaterialien und der Rückstände von der Verbrennung im Innern der Hütte. — Die Wagen, welche die Steinkohlen direct herbeiführen, und die Arbeiter, welche den Anthracit nach den verschiedenen Niederlagen im Innern der Hütten schaffen, reichen zur Versorgung der Oefen noch nicht hin. Es müssen daher noch andere Arbeitskräfte in Anspruch genommen werden, um die Mengung der verschiedenen Brennmaterialsorten für jeden Ofen zu besorgen und dieselben so nahe an den Ofen zu bringen, daß der Schürer oder Feuermann mit der möglichst geringsten Kraft das Brennmaterial mit der Schaufel nehmen und auf den Rost werfen kann. Diese Handlanger=Arbeiten werden von 10 bis 14jährigen Knaben ausgeführt, welche auf diese Weise die Reihe der Arbeiten beginnen. Außerdem müssen sie auch die Brennmaterialreste unter dem Roste hervorziehen, sie mittelst Trögen aus den Aschenfällen, d. h. aus einer durchschnittlichen Tiefe von 1,40 Met., auf die Oberfläche der Hüttensohle schaffen, die Kohlen ausscheiden und dieselben nach bestimmten Röstöfen bringen. Die Asche, so wie die übrigen unbrauchbaren Rückstände der Verbrennung, werden von diesen Knaben, in Karren, auf die Schlackenhalden gefahren. Die Arbeit, welche jeder Ofen unter diesen Umständen erfordert, richtet sich nach der Menge an Brennmaterial, die er in 24 Stunden verbraucht, so wie auch nach seiner Entfernung von der Halde. Gewöhnlich beschäftigt jeder Ofen, der zu den Prozessen II. und IV. bis X. benutzt wird, einen Knaben. Bei den Röstöfen I. und III., deren Bedienung bei weitem leichter ist, werden gewöhnlich jene Nebenarbeiten von den Röstarbeitern selbst ausgeführt. Als mittleres Resultat darf man annehmen, daß der tägliche Transport von drei Tonnen Brennmaterial zu den Schmelzöfen und die damit verbundenen Arbeiten, einen Knaben beschäftigen. Sein Lohn ist so

bestimmt, daß er zum Ausscheiden der Verbrennungsrückstände aufgemuntert wird; er erhält für eine Tonne ausgehaltener Kohlen 1,20 Schill. Im Durchschnitt gewinnt er aus der Asche und den Cinders von der Verbrennung von 3 Tonnen Kohlen, 0,008 Tonnen. Die meisten von diesen Knaben verdienen täglich 0,85 Schill.

Kurz der innere Transport einer Tonne Brennmaterial nebst den Nebenarbeiten, erfordert 0,333 Tag und kostet 0,283 Schill.

Arbeiterklassen in den Waleser Hütten; mittlere Löhne. — Die Handarbeit wird bei den Waleser Hüttenprozessen in einem weit größern Verhältniß angewendet, als bei den auf dem Continent üblichen Schmelzprozessen. Viele Operationen, wie die Röstung, der Reductionen, die gegenseitige Trennung der brauchbaren von den unbrauchbaren Substanzen rc., welche bei diesen letztern lediglich durch Einwirkung der Reaktionen und der natürlichen Agentien, welche auf die zu bearbeitenden Substanzen ihren Einfluß ausüben, bewerkstelligt wird, geschieht hier durch eine intelligente und erfolgreiche Arbeit. Die englischen Hüttenarbeiter besitzen in einem hohen Grade die Muskelkraft, welche in hohen Temperaturen und unter dem Einfluß schädlicher Gase zu bedeutenden körperlichen Leistungen erforderlich sind; sie haben dabei eine bedeutende Ausdauer und eine Beobachtungsgabe, die bei solchen Arbeiten unerläßlich ist. Endlich entspringt auch ein bedeutender Vortheil aus der regelmäßigen Verarbeitung einer großen Masse von Erzen, so daß zu bestimmten Leistungen nicht mehr Tage erforderlich sind, als in den Hütten des Festlandes, die nicht so große Mengen zu Gute machen und deren Arbeiten die erwähnten Eigenschaften nicht in dem Grade besitzen. Die genauen Details, welche ich im III. und XII. Abschn. über die Productions- oder Hüttenkosten mittheile, setzen dies ganz deutlich aus einander.

In einer Waleser Kupferhütte findet die ganze Bevölkerung Arbeit. Knaben von 10 bis 14 Jahren machen Arbeiten, die weder stete Aufmerksamkeit noch Anstrengung erfordern; sie nehmen aus dem Aschenfall die schlackigen und pulverförmigen Materialien heraus, trennen davon die noch nutzbaren und schaffen sie nach den Oefen oder der Schlackenhalde; sie schaffen aus den Magazinen Steinkohlen nach den Oefen, wenn diese nicht direct versorgt werden konnten. Die Knaben von 14 bis 17 Jahren werden zu solchen Arbeiten benutzt, die nicht volle Kraftentwickelung erfordern, zu denen aber Sorgfalt und Ausdauer gehört; jedoch müssen sie stets von den Meistern beaufsichtigt werden. Es gehören dahin hauptsächlich die Röstarbeiten. Junge Leute von 17 bis 19 Jahren, so wie Frauen und Mädchen von 20 bis 40 Jahren, werden hauptsächlich zur innern Förderung der Erze und Zwischenproducte benutzt, Arbeiten, welche mit Genauigkeit und besonders mit Schnelligkeit ausgeführt werden müssen, damit die Räume der Hütte stets frei bleiben und das längere Bleiben dieser Materialien, so wie der sie Fortschaffenden, nie hindernd wirkt. Die Frauen besorgen hauptsächlich die äußere Förderung der Erze aus den Magazinen zu den Oefen rc. Die Erwachsenen und Männer von 19 bis 55 Jahren endlich, führen die Hauptarbeiten des Schmelzens und des Gaarmachens aus, welche zu gleicher Zeit eine große Kraftentwickelung und eine besondere Geschicklichkeit erfordern, welche nur die Erfahrung geben kann. Die Hüttenbeamten sind ganz besonders aufmerksam darauf, diejenigen Prozesse, deren guter Erfolg hauptsächlich von der Geschicklichkeit der Hand, oder von einem richtigen Blick abhängt, nur erprobten Arbeitern anzuvertrauen, besonders da bei solchen Arbeiten keine Beaufsichtigung das Pflichtgefühl ersetzen oder auch nur helfen kann. Die für jede Arbeit gezahlten Löhne werden weiter unten, bei der speziellen

Beschreibung der verschiedenen Hüttenprozesse (Abschn. III. bis XII.) aufgeführt werden. Hier gebe ich nur die Wochenlöhne der verschiedenen Arbeiterklassen übersichtlich an:

	Schilling.
Knaben von 10 bis 14 Jahren	4 bis 5
Knaben von 14 bis 17 Jahren	5 „ 10
Mädchen und Frauen von 20 bis 40 Jahren . . .	10 „ 11
Junge Leute von 17 bis 19 Jahren	10 „ 12
Gewöhnliche Arbeiter von 19 bis 55 Jahren . . .	12 „ 25
Durch Kraft und Geschicklichkeit ausgezeichnete Arbeiter .	25 „ 30

Im Allgemeinen sind diese Löhne nicht so hoch als die unter ähnlichen Umständen in den Hütten des mittlern Englands üblichen. Dies ist eine Folge der größern Wohlfeilheit der Lebensmittel in Wales, als in den mittlern Grafschaften, indem die Nähe des Meeres, die lebhafte Küstenschifffahrt dahin wirkt, daß von allen Seiten die landwirthschaftlichen Producte eingeführt werden.

Pferde, die in den Schmelzhütten angewendet werden; Kosten für Unterhalt und Stallung. — Pferdearbeit wird in den Waleser Hütten nur wenig gebraucht. Der äußere Transport wird, wie schon bemerkt, größtentheils auf navigabeln Straßen ausgeführt; der innere Transport, der sich nur auf kurze Strecken und auf enge Räume ausdehnt, wird vorzugsweise durch Menschenkräfte bewirkt. Pferde verwendet man nur zur Anfuhr der Brennmaterialien von benachbarten Gruben, so wie zur Herbeiführung gewisser Materialien, als Eisen, andere Metalle, Leder, Holz, Werkzeuge ꝛc., die meistens aus benachbarten Niederlagen angekauft werden. Die Hütten unterhalten zu diesen und zu andern Nebenarbeiten nur eine geringe Anzahl von Pferden, und noch öfter übernehmen Fuhrleute alle diese Fuhren gegen ein gewisses Lohn und dann brauchen die Hütten keinen Stall zu unterhalten. Ein Pferd zieht etwa 1 Tonne auf den Chausseen des Landes; es durchläuft mit dieser Last etwa 2½ engl. Meile, oder 4 Kilometer in der Stunde. In einem Arbeitstage, d. h. in 8 wirklichen Arbeitsstunden kann es diese Last 32 Kilometer weit wegschaffen, oder nur 16 Kilomet., wenn diese Belastung an demselben Tage zurückgebracht werden soll. Für eine solche Tagearbeit zahlt die Hütte mit Einschluß des Lohnes für den Fuhrmann und des Weggeldes 5 Schill. Das Weggeld beträgt für ein Pferd und auf eine Tonne solcher Fracht, wie Steinkohlen, auf 1 Tag etwa 0,66 Schill. Die täglichen Kosten für Hufbeschlag und Wagenreparaturen belaufen sich auf 0,20 Schill., das Lohn für den Fuhrmann 0,84.

II. Das Ganze der Waleser Kupferschmelz-Methode; Unterscheidungs-Charaktere; zehn Haupt-Prozesse.

Grundprinzip bei der Zugutemachung aller geschwefelten Kupfererze. — Ihrem Grundprinzipe nach ist die Waleser Methode im Wesentlichen allen den Kupferhüttenprozessen gleich, die an allen andern Orten Europas, zwei oder drei Fälle ausgenommen, in Anwendung stehen. Alle Erze, mag ihre Beschaffenheit sein, welche sie wolle, werden so mit einander beschickt, daß die Schicht eine sehr bedeutende Menge von Schwefelkupfer und Schwefeleisen ent-

hält, und daß das ganze Kupfer sich in einem doppelten Schwefelmetall, Stein genannt, concentrirt. Derselbe trennt sich, in Folge seiner Flüssigkeit und seines bedeutenden spezifischen Gewichts, in der hohen Temperatur der Oefen, in denen er gebildet wird, leicht von der Schlacke, da dieselbe weit teigiger und besonders weit leichter, indem sich in derselben die erdigen Substanzen und die übrigen festen Elemente der Beschickung vereinigen. Die Schlacke wird stets weggestürzt. Den Stein, der als ein angereichertes Erz, ohne irgend erdige Gangarten, angesehen werden kann, in welchem das Kupfer mit dem Schwefel und mit einem mehr oder weniger großen Verhältniß von Schwefeleisen verbunden ist, wird ferner zwei Reihen von Manipulationen unterworfen, die im einfachsten Fall nur aus zwei Prozessen bestehen. Der erste ist eine Röstung, bei welcher man unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffs und einer hohen Temperatur den größten Theil des Schwefels als schweflichte Säure in Gas verwandelt, und die beiden Metalle der aufgehobenen Verbindung in den Zustand des Oxydes zurückführt. Der zweite Prozeß ist eine Schmelzung, bei der man, unter dem Einflusse einer sehr hohen Temperatur, gewisser reduzirender Agentien und der Kieselerde, das Kupfer metallisch darstellt und das Eisenoxyd in ein Silicat verwandelt. Beide Körper sind gleichflüssig, allein wegen ihrer sehr ungleichen Dichtigkeit trennen sie sich sehr scharf von einander und das eisenhaltige Silicat, oder die Schlacke, nimmt den obern Theil ein.

Das auf diese Weise in Berührung mit dem Eisensilicat und einer gewissen Menge wieder hergestellten Steins dargestellte Kupfer behält gewöhnlich eine gewisse Quantität Schwefel und Eisen zurück, und ist daher zu den meisten der gewöhnlichen Benutzungen untauglich. Dieses Roh- oder Schwarzkupfer genannte, unreine Product wird, um verkäufliches Kupfer zu werden, einer letzten Operation, dem Gaarmachen, unterworfen, bei welchem, unter dem Einfluß der Hitze, des atmosphärischen Sauerstoffes und der Kieselerde, die letzten Spuren fremdartiger Materien, nämlich: Schwefel als schweflichte Säure und Eisen als Silicat abgeschieden werden.

Die Zugutemachung der geschwefelten Kupfererze umfaßt daher vier Haupt-Prozesse: A. das Schmelzen der Erze, wobei Stein erfolgt und wobei sich die erdigen Substanzen abscheiden; B. das Rösten des Steins; C. das Schmelzen des gerösteten Steins auf Schwarzkupfer; D. das Gaarmachen des Schwarzkupfers. Bei der Anwendung dieser sehr einfachen Formel, an verschiedenen Orten, werden jedoch, wegen der außerordentlichen Verschiedenheit der Erze, sehr zahlreiche Abänderungen gemacht. Diese fast grenzenlose Verschiedenheit der Verfahrungsarten, welche mit, den Arbeitern wohlbekannten, aber den Beobachtern oft gänzlich unbemerkbaren Abstufungen, von einfachen und gleichartigen Grundsätzen hergeleitet sind, scheint meines Erachtens nach, ein sehr wesentlicher Charakter aller Zweige der Metallurgie zu sein. Sie erklärt die Erfolglosigkeit, welche fast immer die Versuche, das hüttenmännische Verfahren einer Gegend auf eine andere zu übertragen, gehabt haben.

Oertliche Verwickelungen, welche von der Verschiedenartigkeit der Erze herrühren. — Unter den verschiedenen Umständen, welche die vorhergehende Formel zu verwickeln streben, gehören namentlich die folgenden, welche sämmtlich von der Zusammensetzung der Erze, die zu Gute gemacht werden sollen, herrühren.

Wenn die Gangart der Erze im Wesentlichen aus Schwefelkies besteht, so würde es zu ihrer Anreicherung vergebens sein, sie unmittelbar dem Prozeß A zu unterwerfen, weil dann alle Elemente sich in einem Stein vereinigen

würden, der fast dieselbe Zusammensetzung haben würde, als das Erz selbst. Es ist in diesem Fall offenbar zweckmäßig, mit dem Erz einen der Röstung B ähnlichen Prozeß vorzunehmen, bei welchem man den ganzen Theil Schwefel und Eisen abscheidet, die zur Bildung eines guten Steins nichts nützen. Dieser vorbereitende Prozeß kann im Allgemeinen: a das Erzrösten genannt werden.

Das in a gehörig geröstete Erz verhält sich ganz so wie ein rohes Erz, welches so viel Schwefeleisen enthält, als es die Schmelzung A erfordert und welches als Gangart Eisenoxyd haben würde. Um dieses letztere zu verschlacken, braucht man der Beschickung nur einen kieseligen Zuschlag zu geben. Uebrigens ist es ganz klar, daß man ein Erz mit kieseliger Gangart hat, welches Kupfer, Schwefel und Eisen in den Verhältnissen enthält, welche zu dem Stein des Schmelzens A geeignet sind, es weit vortheilhafter ist, dieses rohe Erz dem gerösteten Erz a zuzuschlagen, als irgend eine ganz taube Substanz. Bei dem Schmelzen A würde ein sehr kieseliges und folglich sehr kupferarmes Erz ebenfalls sehr vortheilhaft sein, wenn dies Metall in oxydirten Verbindungen (Rothkupfererz, Kupferschwärze, Malachit, Lasur, Kupfergrün ꝛc.) vorkäme. Man muß alsdann in dem gerösteten Erz a nicht allein die erforderliche Menge Schwefeleisen lassen, um mit dem in dem Erz enthaltenen Kupfer den Stein A zu bilden, sondern auch diejenige, welche dazu erforderlich ist, um dem Kupfer des oxydirten Erzes den verlangten Schwefelungsgrad zu ertheilen. Man kann die Röstung noch so leiten, als wenn das geröstete Erz a allein verschmolzen werden sollte, und man kann alsdann das oxydirte Erz mit einem rohen kieseligen beschicken, welches soviel Ueberschuß an Schwefeleisen enthält, um das Kupfer der beiden rohen Erze zu sättigen und um die mittlere Verbindung herbeizuführen, welche der Stein A bildet.

Wenn man außer den vorhergehenden Erzen sehr reiche oxydirte Erze mit quarziger Gangart hat, so könnte man sie nicht bei dem Schmelzen A zuschlagen, ohne den Stein mehr als zweckmäßig anzureichern. Man benutzt die Erze dieser Art, wenn man sie mit dem gerösteten Stein bei dem Schmelzen C zuschlägt. Es sind dies wirklich kupferhaltige Substanzen von gleicher Beschaffenheit, die eine große Menge Kupferoxyd dem Quarz in dem Erze und in dem gerösteten Stein dem Eisenoxyd beigemengt enthalten. Ihre gegenseitige Beschickung bei diesem Schmelzen ist um so zweckmäßiger, als beide nicht metallhaltige Substanzen sich gegenseitig als Fluß dienen.

Diese Beispiele reichen hin, um zu zeigen, wie Erze von sehr verschiedenartiger Zusammensetzung und verschiedenartigem Gehalt, die Grundformel der Zugutemachung der Kupfererze mannigfach verändern. Eine andere wesentliche Ursach der Verwickelung rührt von dem Vorhandensein gewisser nachtheiliger Substanzen her, die mit vielen Erzen verbunden sind, und die man durch Verflüchtigung in Gase oder durch Verschlackung fortschaffen muß, weil man sonst in die Gefahr kommt, ein schlechtes Kupfer zu produciren. Zu diesen Substanzen gehören Arsenik, Antimon, Nickel, Kobalt, Zinn und wahrscheinlich mehre andere Substanzen, deren nachtheiliger Einfluß noch nicht bemerkt worden ist, weil sie gewöhnlich nur in geringer Menge vorkommen und sich wie die genannten abscheiden. Diese schädlichen Substanzen [illegible] von den kupferhaltigen Producten bei den Prozessen zu trennen, welche dem Schmelzen auf Schwarzkupfer vorangehen. Arsenik und Antimon verflüchtigen sich bei der Röstung entweder direct, oder besonders nachdem sie in oxydirte Verbindungen verwandelt worden sind. Metalle, wie Nickel, Kobalt u. s. w. trennen sich durch

den vereinigten Einfluß des Röstens und des Schmelzens, welche vorzugsweise diese leichter oxydirbaren Körper als das Kupfer, in Oxyde und in Silicate verwandeln. Jedoch gehen diese Reaktionen nie vollständig vor sich. So werden z. B. bei den Röstungen das Schwefelarsenik, so wie die übrigen Schwefelmetalle, mit denen es verbunden ist, nicht in allen ihren Theilen von dem oxydirenden Einflusse erreicht. Das Arsenik des angegriffenen Theils wird ebenfalls nicht ganz in flüchtige arsenige Säure verwandelt; ein gewisser Theil, der unter dem Einfluß der vorhandenen Metalloxyde, zu einem höhern Oxydationszustande übergeht, bleibt in dem festen Product der Röstung als Arsenik-zurück. säure
Bei dem auf das Rösten folgenden Schmelzen geht der nicht angegriffene Schwefel sogleich in den Stein über; das Arseniat wird durch den Einfluß der Kieselerde zersetzt, die ihm die Metallbase zu nehmen sucht. Die frei gewordene Säure wird zum Theil in Sauerstoff und arsenige Säure zersetzt, die sich entwickeln; unter dem Einfluß des Schwefels aber, der stets bei den Schmelzungen einwirkt, geht ein Theil des Arseniks an den Schwefel über; dieser verflüchtigt sich ebenfalls theilweise, ein anderer Theil aber fixirt sich in dem Stein, da Kupfer und Eisen vorhanden sind, die eine große Affinität zu ihm haben. Er vereinigt sich daher nach dieser Reihe von Umwandlungen von Neuem mit dem Schwefelarsenik, der die Röstung nicht angegriffen hatte. Jede Röstung und jedes Schmelzen entfernen daher einen bedeutenden Theil von Arsenik, lassen aber in dem kupferhaltigen Product einen bemerkenswerthen Theil von der Quantität darin, die es vor der zweifachen Behandlung enthielt. Um den in gewissen Erzen enthaltenen Arsenikgehalt gänzlich oder doch so zu vertreiben, daß in dem Kupfer nur eine unbedeutende Menge zurückbleibt, muß man mit dem Stein dieselben abwechselnden Prozesse des Röstens und des Schmelzens mehrmals wiederholen, ehe man ihn auf Schwarzkupfer verschmilzt. Nicht selten findet man Hütten, in denen man zur Erreichung des Zwecks genöthigt ist, zwischen den vorhin angegebenen Fundamental-Prozessen B und C zwei Röstungen und zwei Schmelzungen einzuschalten. Aus ähnlichen Gründen sind diese Neben-Prozesse auch dann unerläßlich, wenn man von dem Kupfer auch andere schädliche Substanzen abscheiden will.

Formel für eine auf die meisten Erze des europäischen Festlandes passende Zugutemachung. — Auch viele andere Gründe führen dahin, die allgemeine Formel für die Zugutemachung der Kupfererze zu verändern. Beschränkt man aber diese Analyse auf zwei Fälle, die ich vorzugsweise ausgewählt habe, weil sie die gebräuchlichsten sind, so wird man einsehen, daß zur Fabrikation eines guten Kupfers aus Erzen von jedem Gehalte und von allen Qualitäten eine Schmelzhütte die folgenden neun Prozesse ausführen muß:

a) Röstung der unreinen Erze, mit kiesiger Gangart.
   A. Verschmelzung der gerösten Erze a mit den ärmeren und unreinern ungerösteten Erzen zu dem ersten Stein.
   B. Röstung des Steins A.
b) Schmelzen des gerösteten Steins B mit Erzen von mittlerem Gehalt und mittlerer Reinheit; Production des zweiten Steins.
c) Röstung des Steins b.
d) Schmelzen des gerösteten Steins c mit den reichen und reinen Erzen; Production des dritten Steins.
e) Rösten des Steins d.

C. Schmelzen des gerösteten Steins e mit sehr reichen und sehr reinen Erzen auf Schwarzkupfer.

D. Gaarmachen des Schwarzkupfers.

Diese summarische Uebersicht scheint mir hinreichend zu sein, um die gebräuchlichsten Prinzipien der Zugutemachung der Kupfererze in Erinnerung zu bringen; sie ist hinreichend, um die Analogie zu zeigen, welche die Kupferhüttenprozesse des Festlandes und in Wales haben, endlich auch um die dieser letztern besonders charakteristischen Züge hervorzuheben.

Die Waleser Methode läßt sich zur Zugutemachung aller bekannten Erze anwenden. — Der wesentliche Charakter der Waleser Methode ist die Leichtigkeit, welche sie darbietet, sämmtliche kupferhaltige Erze oder Producte, welche der Bergbau oder die Gewerbe darbieten können, auf eine schnelle und sichere Weise zu verarbeiten. Kein anderer mir bekannter Hüttenprozeß paßt so gut zu einem regelmäßigen Betriebe bei plötzlichen und unerwarteten Veränderungen im Gehalt und in der chemischen Zusammensetzung der Erze.

In ihren kleinern Einzelheiten betrachtet, ist diese Methode nicht in allen Hütten gleich; man nimmt geringe Abweichungen entweder in den Prozessen oder in der Form der Apparate wahr, je nach der Intelligenz und Geschicklichkeit der die Hütten betreibenden Beamten, oder je nach der Zeit, zu welcher das Material der Etablissements erbauet worden ist, nach der Beschaffenheit der Erze, die man vorzugsweise zu Gute macht, oder endlich nach der Qualität der Producte, die man hauptsächlich darstellt. Seit etwa 20 Jahren sind sehr viele eigenthümliche Apparate und Prozesse versucht worden; oft haben sie zu günstigen Beurtheilungen Veranlassung gegeben, welche die Erfahrung nicht bestätigt hat. Meistentheils hat man sie wieder aufgegeben; einige hat man in gewissen Hütten unter Begünstigung zufälliger Bedingungen beibehalten, allein sie haben sich nicht in andern Hütten einführen können. Läßt man die Verwickelungen, welche solche Versuche meistentheils zum Zweck hatten, unberücksichtigt, so ist der Waleser Kupferhütten-Prozeß wirklich einfacher als man es glauben könnte, wenn man die Beschreibung der Erfindungspatente lies't, mittelst denen man seit einem Funfzig von Jahren die Kupferhüttenprozesse in England überhaupt zu verbessern gesucht hat. Es würde übrigens ein sehr dicker Band dazu erforderlich sein, wenn man alle die Thatsachen beschreiben wollte, welche jetzt die acht Gruppen der Waleser Hütten darbieten, und dabei alle die Details berücksichtigen, welche Hüttenleute verlangen konnten, die dieselben Prozesse anderwärts einführen wollten. Jedoch bin ich der Meinung gewesen, daß es überflüssig wäre, meiner Arbeit eine solche Entwickelung zu geben. Ich habe es für den besten Plan gehalten, die vollständige und detaillirte Beschreibung einer einzigen Hütte zu geben, in der alle wesentlichen Prozesse der Waleser Methode, mit ihren neuesten und vollkommensten Abänderungen, angewendet werden, — mit den gewöhnlichsten localen Details, kurz eine Beschreibung der Muster-Methode des Landes. Ich bin der Ansicht, daß das Studium aller Einzelnheiten in diesem Zusammenhange der Aufzählung einer Menge von einzelnen Thatsachen vorzuziehen sein würde und daß ein geübter Metallurg dort weit eher als in diesen das Prinzip der Abänderungen finden würde, welche diese Hüttenprozesse erleiden müssen, wenn sie andern localen Bedingungen angepaßt werden sollen.

Beschreibung der zehn Fundamental-Prozesse der Waleser Methode. — Aus diesem Gesichtspuncte betrachtet, haben die Waleser Kupferhütten-Prozesse zehn hauptsächliche Prozesse, welche ich hier mit den deutschen Benen-

nungen bezeichnen will, die sie am besten charakterisiren, so wie auch mit den englischen Localbenennungen. Neben den Nummern, welche die Ordnung bezeichnen, in welcher ich sie beschreiben werde, habe ich die Buchstaben von der weiter oben aufgeführten Reihefolge gesetzt, um zu gleicher Zeit eine gedrängte Vergleichung zwischen diesen und den Hüttenprozessen an vielen Orten des Continents zu geben.

I — a — Röstung der geschwefelten Erze (arme und von mittlerm Gehalt) mit Schwefelkies als Gangart. — Calcination of the ores.

II — A — Darstellung des bronzefarbenen oder Rohsteins, oder das Verschmelzen der armen (ungerösteten oder gerösteten) Erze. — Melting for coarse metal.

III — B — Das Rösten des Rohsteins. — Calcination of coarse metal.

IV — d — Darstellung des weißen gewöhnlichen Steins oder Concentrationssteins, oder Schmelzen des gerösteten bronzefarbenen Steins mit reichen Erzen. — Melting for white metal.

V — b — Darstellung des blauen Steins, Concentrationssteins, oder Schmelzen des gerösteten Rohsteins mit gerösteten Erzen von mittlerem Gehalt. — Melting for blue metal.

VI — » — Darstellung des weißen und rothen Steins aus Schlacken, oder Verschmelzen der Schlacken von den Concentrationsprozessen IV, VII und VIII. — Remelting of slags.

VII — cd — Röstung des blauen Steins V. — Roasting of white metal.

VIII — ed′ — Darstellung des regulinischen oder zweiten Concentrationssteins, oder Röstung des weißen Steins VII. — Roasting for regule.

IX — e′C — Darstellung des Rohkupfers, oder Röstung des gewöhnlichen weißen Steins des zweiten Concentrationssteins und der kupferhaltigen Böden. — Roasting.

X — D — Gaarmachen des Rohkupfers und Darstellung des geschmeidigen Kupfers. — Refining and toughening.

Vier von diesen zehn Prozessen sind der Waleser Methode eigenthümlich. — Die Anwendung der Ordnungsnummern und Lettern, welche Prozesse charakterisiren, deren Zweck hinlänglich erklärt ist, zeigt auf den ersten Blick, daß von den zehn Prozessen der Waleser Kupferhütten, nur sechs genau eben so viel Prozessen der auf dem Festlande am meisten gebräuchlichen Zugutemachungsmethoden der Kupfererze entsprechen. Jeder der drei Prozesse aber, welche mit der generischen Benennung roasting ([illegible])! bezeichnet worden sind, vereinigen ein Rösten mit einem Schmelzen. Diese genaue Verbindung zweier Prozesse, die anderwärts stets getrennt sind, ist der Waleser Methode ganz eigenthümlich. Ein zweiter Prozeß, der unter Nummer VI. aufgeführt worden ist, das Verschmelzen der reichen Schlacken von mehren andern Prozessen, hat nichts Aehnliches bei dem auf dem Continent üblichen Kupferhüttenwesen: er hat zwei Hauptzwecke. Zuvörderst gestattet er, die Schlacken zu Gute zu machen, die mit einem starken Kupfergehalt fallen müssen. Die Möglichkeit, diesen Kupfergehalt mit Nutzen gewinnen zu können, hat noch den indirecten Vortheil, daß man die Prozesse,

bei denen Schlacken fallen, nicht so ängstlich zu überwachen braucht, um es dahin zu bringen, daß möglichst wenig Kupfer in die Schlacken kommt. Der zweite und bei weitem wichtigste Zweck des Prozesses ist aber der, daß man mit den Schlacken, die bei der Zugutemachung aller Arten von Erzen fallen, eine Beschaffenheit des Kupfers ereicht, so wie man es bei einem andern Verfahren, selbst mit ausgewählten Erzen, nicht erreichen kann. Das beim Verschmelzen der Schlacken producirte Kupfer, welches in den englischen Preiscouranten mit »best selected« (ausgewählt bestes) bezeichnet ist, kostet die Tonne stets 100 Schilling mehr, als die geringeren Sorten. In dem der Beschreibung des Prozesses VI. gewidmeten achten Abschnitt werde ich die Ursachen dieser bemerkenswerthen Eigenthümlichkeit nachweisen.

Diese übersichtliche Erklärung der Waleser Kupferhüttenprozesse scheint mir hinreichend zu sein, um unsere Leser in den Stand zu setzen, die spezielle Beschreibung der verschiedenen einzelnen Prozesse zu verfolgen. Zu gleicher Zeit habe ich hier eine eine gute Gelegenheit, über die hüttenmännische Classification der in Wales behandelten Erze diejenigen Details mitzutheilen, welche in dem vorhergehenden Abschnitt nicht Platz fanden.

Eintheilung der Erze in sieben Classen, nach der Beschaffenheit der Prozesse, in denen sie verschmolzen werden. — Die Erze und die kupferhaltigen Producte werden in die Reihe der Waleser Prozesse durch diejenigen eingeführt, welche mit den Nummern I, II, IV, VI und IX bezeichnet sind. Sie zerfallen nach ihrer Beschaffenheit, nach ihrem Kupfergehalt und nach der ihnen ertheilten Bestimmung in sieben Hauptclassen, von denen sechs die eigentlichen Erze und eine die kupferhaltigen Producte umfassen, welche verschiedene Gewerbe liefern.

Die erste Classe enthält die Erze mit einem Gehalt von gewöhnlich 0,03 und 0,15, die zuvörderst mittelst des Prozesses I. geröstet und dann in dem Prozeß II. verschmolzen werden. Die eigentlichen Erze bestehen aus Kupferkies, welcher mit einer geringen Menge von oxydirten Gattungen verbunden ist. Die Gangarten sind Quarz, verschiedene andere erdige Substanzen und eine sehr bedeutende Menge von Schwefelkies. Mit diesen Hauptbestandtheilen sind merkliche Mengen schädlicher Substanzen verbunden, welche die auf einander folgenden zehn Operationen begründen.

Die zweite Classe umfaßt die Erze, welche ebenfalls in I. geröstet werden müssen, und die, nachdem sie diesem Prozeß unterworfen gewesen sind, in das Schmelzen V. eingehen und zwar mit Substanzen, die bereits durch andere Prozesse angereichert wurden. Diese Erze sind fast eben so zusammengesetzt, wie die der ersten Classe, jedoch mit dem Unterschiede, daß das Verhältniß der kupferhaltigen Gattungen zu dem der Gangarten bedeutender ist. Ihr Kupfergehalt beträgt 0,15 bis 0,35.

Die dritte Classe umfaßt alle solche Erze, welche ungeröstet zum Schmelzen II. kommen und zwar im Gemenge mit gerösteten Erzen der ersten Classe. Im Verhältniß zu diesen letztern enthalten sie mehr Gattungen oxydischer Kupfererze; in ihren dem Wesentlichen nach quarzigen Gangarten findet sich nur eine geringe Menge von Schwefelkies. Der Gehalt ist zwischen 0,12 und 0,20.

Die Erze der vierten Classe spielen jetzt eine wichtige Rolle in dem Ganzen des Betriebes. Sie bestehen hauptsächlich aus Gattungen oxydischer Kupfererze: Rothkupfererz, Kupferschwärze, Malachit, Kupferlasur. Sie enthalten aber auch viel Kupferglanz (Schwefelkupfer) mit nur wenigem Kupferkies, Bunt=

kupfererz und andern ähnlichen Gattungen. Die Gangarten bilden hauptsächlich Quarz und Eisenoxyde, aber fast gar kein Schwefelkies. Der mittlere Metallgehalt der Erze dieser Classe hat sich in diesen letzteren Jahren, in Folge der vielen eingeführten ausländischen Erze, auf 0,25 bis 0,45 erhoben.

Die fünfte Classe enthält nur eine geringe Menge geschwefelter Erze, die beim Schmelzen VI. zugeschlagen werden, bei welchem sie als Concentrationsmittel für das metallische Kupfer von der Reduction der Schlacken wirken, die der eigentliche Zweck dieses Prozesses ist. Es müssen diese Erze gewisse besondere Bedingungen erfüllen: die schwefeligen Substanzen, aus denen sie im Wesentlichen bestehen, dürfen durchaus keine nachtheiligen Beimengungen enthalten, damit ihr Zuschlag durchaus die Güte des Kupfers, welches bei diesem Prozeß erfolgt und die anerkannt ist, nicht vermindert. Sorgsame Schmelzer setzen zu dem Ende nur Erze aus gewissen Gruben zu, deren Reinheit sie seit langer Zeit kennen. Meinen eigenen Beobachtungen nach bestanden diese Erze im Wesentlichen aus Kupferkies, Schwefelkies und Quarz; sie enthielten durchschnittlich 0,10 bis 0,15 metallisches Kupfer und 0,18 bis 0,24 Schwefel.

Die sechste Classe besteht ausschließlich aus reichen Erzen ohne Schwefeleisen und ohne schädliche Substanzen. Die kupferhaltigen Gattungen bestehen hauptsächlich aus Schwefelkupfer und aus Hüttenproducten von gleicher Zusammensetzung, die aus Chili eingeführt werden und in Wales unter dem Namen Regulus bekannt sind. Man findet dabei auch geringere Mengen von Oxydul, gediegenes Kupfer und mit Kieselerde und Kohlensäure verbundenes Oxyd. Die Gangart besteht hauptsächlich aus Quarz; der mittlere Gehalt wechselt gewöhnlich von 0,60 bis 0,80

Die Hüttenproducte, welche die siebente Classe der kupferhaltigen Substanzen bilden, umfassen alle Abgänge, die man zu wohlfeilen Preisen aus Werkstätten, in denen Kupfer verarbeitet wird, erlangen kann. Diese Substanzen sind sehr verschiedenartig; die einzigen, welche fortwährend zu Gute gemacht werden, sind verschiedene Abfälle von dem Betriebe der großen Kupferwalzwerke in Wales, in denen ungeheure Massen von Kupferblechen für den Verbrauch in den vereinigten Königreichen und für das Ausland angefertigt werden. Alle diese Producte bestehen aus Kupferoxyd im Gemenge mit etwas Quarzsand. Der Kupfergehalt der Producte, deren Zugutemachung ich sah, betrug 0,75; sie kamen zum Schmelzen IV.

Relative Verhältnisse und mittlerer Gehalt der sieben Classen von Erzen. — Es fehlt viel daran, daß die Hütten die Erze jeder Classe in constanten Verhältnissen erlangen; indem diese Verhältnisse selbst in dem Verlauf eines einzigen Jahres wechseln. Sie haben besonders seit 20 Jahren, in Folge der Veränderungen im Handel der fremden Erze, gewechselt. Jede solche Veränderung in der Versorgung mit einer gewissen Erzclasse, führt auch nothwendig correspondirenden Veränderungen der Prozesse herbei, in denen diese Erze zu Gute gemacht werden. Als Gegensatz von den Verhältnissen, wie sie in den Schmelzhütten stattfinden, die nur durch eine geringe Anzahl von Erzlagerstätten versorgt werden, giebt es in den Waleser Schmelzhütten durchaus nichts Constantes, selbst von einer Woche zur andern, in der relativen Wichtigkeit der verschiedenen Prozesse, in der Anzahl der Oefen, die einer jeden von ihnen gewidmet sind, in der Menge und dem Gehalt der Erze, so wie endlich in der chemischen Zusammensetzung der Producte, welche sie liefern.

Jedoch bin ich durch die chemischen Untersuchungen, deren Details in den Abschn. 3 bis 13 näher nachgewiesen sind, so wie durch die Berechnungen im 13.

Abschnitt, unter diesen verschiedenen Verhältnissen und besonders in Beziehung auf die Zusammensetzung der Erze, zu Resultaten gelangt, die einem allgemeinen Mittel nahe kommen.

Es beziehen sich diese Verhältnisse auf eine große Schmelzhütte, in der man jährlich etwa 47,000 Tonnen Erze zu Gute macht und 6250 Tonnen verkäufliches Kupfer darstellt. Die nachstehende Tabelle giebt die absoluten und relativen Gewichte, so wie den Kupfergehalt der 7 Classen von Erzen an, die in jeder Woche dort verschmolzen werden.

Relative Verhältnisse und mittlere Gehalte der sieben Erzclassen.

Bezeichnung der Erze.	Relative Gewichte.	Ganzes Gewicht der in einer Woche verschmolzenen Erze.	Kupfergehalt in 1,000 Erz.
1. Classe behandelt in I. und II.	0,790	720,1	0,098
2. " " " I. " V.	0,023	21,5	0,228
3. " " " II.	0,085	77,6	0,182
4. " " " IV.	0,081	73,5	0,385
5. " " " VI.	0,011	10,0	0,120
6. " " " IX.	0,008	7,4	0,662
7. " " " IV.	0,002	2,0	0,750
Summa und Durchschnitt	1,000	912,1	0,137

Chemische Zusammensetzung der sieben Classen von Erzen. — Die Substanzen, welche in die Zusammensetzung der Kupfererze eingehen, zerfallen in Beziehung auf die metallurgischen Reactionen in drei Hauptgruppen: 1) Kieselerde, die erdigen Oxyde und die schon gebildeten Silicate, alle Substanzen, die nach verschiedenen Reaktionen gänzlich in die Schlacken übergehen. 2) Die geschwefelten und oxydirten Verbindungen, welche alles durch die Hüttenprozesse zu gewinnende Kupfer enthalten und deren andere Bestandtheile in die Schlacken gehen oder sich in gasförmiger Gestalt verflüchtigen. 3) Endlich das Wasser und die Kohlensäure, welche sogleich bei der ersten Einwirkung der Wärme, sei es beim Rösten, oder bei den Schmelzungen, verflüchtigt werden. Die hauptsächlichsten Elemente der chemischen Zusammensetzung für jede der drei Gruppen von Substanzen und für jede der Erzclassen sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Chemische Zusammensetzung der sieben Erzclassen.

Bezeichnung der Erze.	Bestandtheile in den drei Gruppen: 1 Gruppe. Kiesel u. erdige Basen.				2. Gruppe. Schwefelmetalle und Oxyde.					3. Gruppe	Totalgewicht der in einer Woche verschmolzenen Erze.
	Kieselerde.	Thonerde.	Kalkerde.	Bittererde.	Kupfer.	Eisen.	Versch. Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff.	Kohlensäure und Wasser.	
1. Classe	294,4	11,7	1,2	3,1	70,5	148,2	7,6	176,4	2,8	4,2	720,1
2. Classe	5,4	0,2	0,1	—	4,9	4,7	—	5,9	0,1	0,2	21,5
3. Classe	21,8	1,0	0,2	0,2	14,1	17,9	0,7	19,6	1,6	0,5	77,6
4. Classe	23,0	—	1,1	0,4	28,3	8,8	0,1	4,5	6,2	1,1	73,5
5. Classe	4,3	—	0,1	—	1,2	2,1	—	2,1	0,1	0,1	10,0
6. Classe	1,4	—	—	—	4,9	—	—	0,8	0,2	0,1	7,2
7. Classe	0,3	—	—	—	1,5	—	—	—	0,2	—	2,0
Summa	350,6	12,9	2,7	3,7	125,4	181,7	8,4	209,3	11,2	6,2	912,1

Die nachstehenden Tabellen zeigen aus einem andern Gesichtspunkte die Gruppirung derselben Substanzen und lehren die mineralogische Zusammensetzung der Erze kennen. Wenn man bedenkt, daß fast alle Gegenden der Erde ihren Tribut an die Waleser Schmelzhütten entrichten, so wird man begreifen, daß diese Resultate einiges Interesse für das geologische Studium unseres Planeten haben; denn sie bilden die genaueste Angabe, die man sich bis jetzt über die relative Menge der verschiedenen natürlichen Verbindungen des Kupfers, in dem menschlichen Arbeiten zugänglichen Theile unseres Erdkörpers, hat verschaffen können.

Mineralogische Zusammensetzung der sieben Erzclassen.

Bezeichnung der mineralogischen Bestandtheile.	1. Classe	2. Classe	3. Classe	4. Classe	5. Classe	6. Classe	7. Classe	Summa
1. Absolute Verhältnisse.								
Kupferkies	194,2	13,4	33,5	3,0	3,4	—	—	247,5
Buntkupfererz; Stein . .	—	—	0,6	4,0	—	—	—	4,6
Kupferglanz	—	—	—	9,6	—	3,9	—	13,5
Kupferschwärze	3,2	0,2	2,7	10,4	—	0,2	1,7	18,4
Rothkupfererz	—	—	—	9,7	—	1,8	—	11,5
Summa der Kupfererze	197,4	13,6	36,8	36,7	3,4	5,9	1,7	295,5
Schwefelkies	191,9	1,6	13,1	1,3	1,7	—	—	209,6
Verschied. Schwefelmetalle	8,7	—	0,7	—	—	—	—	9,4
Eisenoxyd	5,2	0,4	3,0	9,8	0,4	—	—	18,8
Verschiedene Oxyde	2,3	—	0,3	0,1	—	—	—	2,7
Quarz	294,4	5,4	21,8	23,0	4,3	1,4	0,3	350,6
Erdige Basen	16,0	0,3	1,4	1,5	0,1	—	—	19,3
Wasser und Kohlen . . .	4,2	0,2	0,5	1,1	0,1	0,1	—	6,2
Summa der Gangarten	522,7	7,9	40,8	36,8	6,6	1,5	0,3	616,6
Generalsumme	720,1	21,5	77,6	73,5	10,0	7,4	2,7	912,1
2. Relative Verhältnisse.								
Kupferkies	0,213	0,014	0,037	0,003	0,004	—	—	0,271
Buntkupfererz; Stein . .	—	—	0,001	0,004	—	—	—	0,005
Kupferglanz	—	—	—	0,011	—	0,004	—	0,015
Kupferschwärze	0,004	0,000	0,003	0,011	—	0,000	0,002	0,020
Rothkupfererz	—	—	—	0,011	—	0,002	—	0,013
Summa der Kupfererze	0,217	0,014	0,041	0,040	0,004	0,006	0,002	0,324
Schwefelkies	0,210	0,002	0,015	0,001	0,002	—	—	0,230
Verschied. Schwefelmetalle	0,009	—	0,001	—	—	—	—	0,010
Eisenoxyd	0,006	0,000	0,004	0,011	0,000	—	—	0,021
Verschiedene Oxyde . . .	0,002	—	0,000	0,000	—	—	—	0,002
Quarz	0,324	0,007	0,021	0,026	0,005	0,002	0,000	0,385
Erdige Basen	0,017	0,000	0,002	0,002	0,000	—	—	0,021
Wasser und Kohlen . . .	0,005	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	—	0,007
Summa der Gangarten	0,573	0,009	0,044	0,041	0,007	0,002	0,000	0,676
Generalsumme	0,790	0,023	0,085	0,081	0,011	0,008	0,000	1,000
Kupfergehalt in 1,000 Erz	0,098	0,228	0,182	0,385	0,120	0,662	0,750	0,137

Relative Mengen, die von jeder der sieben Erzclassen aus den in- und ausländischen Gruben geliefert werden. — In Beziehung auf ihre Fundorte unterscheidet man bei den in Wales zu Gute gemachten Erzen, so wie schon weiter oben im ersten Abschnitt bemerkt wurde, zwei große Classen. Die erstere umfaßt alle inländischen Erze, welche vorzüglich die Cornwalliser, Devonshirer, Irländischen 2c. Gruben liefern, die zweite alle aus fremden Ländern eingeführte Erze. Jede von den sieben Classen erhält wenigstens hin und wieder Erze von den einen oder andern Fundorten; im Allgemeinen aber geben aus leicht begreiflichen Ursachen die inländischen Gruben überall die armen und

die ausländischen die reichen Erze. Es giebt aber nur wenige Lagerstätten, deren Producte bei ihrer Förderung aus der Grube und von Natur einen hohen Metallgehalt haben, weshalb man sie einer mechanischen Aufbereitung unterwerfen muß. Dieselbe hat den Zweck, den größten Theil des Metalls in einem geringeren Gewicht von Materialien zu concentriren; ihr Vortheil besteht in der Verminderung der Transport- und oft auch der Hüttenkosten; ihr Nachtheil besteht in einem nicht unbedeutenden Verlust an Kupfererz, besonders wenn man die Concentration über eine gewisse Grenze hinausführt. Diese Grenze wird in jedem Fall durch verschiedene Rücksichten bestimmt, unter denen die Transportkosten obenan stehen. Für die inländischen Erze kann diese Grenze natürlich weit enger gezogen werden, indem dieselben nur auf Strecken von 200 bis 300 Kilometer fortgeschafft zu werden brauchen; allein Erze, die aus Australien oder von der Ostküste Amerika's kommen, müssen concentrirt sein, da sie einen halben größten Kreis der Erde zu durchschiffen haben. Wirklich kommen die inländischen Erze, welche meistens einen nur geringen Werth haben, hauptsächlich zu dem Schmelzen II, während die reichen Schmelzen IV und V nur fremde Erze zu Gute machen. Man wird daher begreifen, daß die Waleser Methode, in den Einzelnheiten ihrer Prozesse betrachtet, seit 20 Jahren, seit dem Zeitpunct, von wo ab fremde Erze eingeführt wurden und besonders seit den letzten 10 Jahren, sehr bedeutende Abänderungen erleiden mußte.

Die Listen der in Cornwall und in Swansea verkauften Erze geben die Menge des Kupfers, welches in Wales aus inländischen und ausländischen Erzen gewonnen worden ist, annähernd an. Die Verkäufe in Cornwall umfassen wirklich fast ganz die Menge der aus den Gruben dieser Provinz und in Devon geförderten Erze. Was nun die in Swansea verkauften Erze betrifft, so darf man darauf rechnen, daß $\frac{5}{6}$ von dem darin enthaltenen Kupfer von fremden Erzen herrührt.

Die folgende Tabelle giebt das Verhältniß der Erze von jeder Classe, die wöchentlich von den beiden großen Märkten an die Waleser Hütte geliefert worden sind, die hier als Muster der Beschreibung genommen worden ist.

Bezeichnung der sieben Classen von Erzen.	In Cornwall angekaufte Erze.			Zu Swansea angekaufte Erze.			Summa.		
	Gewicht.	Kupfer in 1,000	Kupfer in Summa	Gewicht.	Kupfer in 1000	Kupfer in Summa	Gewicht.	Kupfer in 1,000	Kupfer in Summa
	Tonn.		Tonn.	Tonn.		Tonn.	Tonn.		Tonn.
1. Cl. zu röst. Erz in I. für II.	549 9	0,082	45,0	170,2	0,150	25,5	720,1	0,098	70,5
2. " " " " I. " V.	1,3	0,228	0,3	20,2	0,228	4,6	21,5	0,228	4,9
3. Cl. rohes Erz für II.	74,9	0,180	13,5	2,7	0,210	0,6	77,6	0,182	14,1
4. " " " " IV.	3,0	0,320	1.0	70,5	0,378	27,3	73,5	0,385	28,3
5. " " " " VI.	8,9	0,120	1,1	1,1	0,120	0,1	10,0	0,120	1,2
6. " " " " IX.	0,2	0,500	0,1	7,2	0,667	4,8	7,4	0,662	4,9
7. " " " " IV.	0,3	0,700	0,2	1,7	0,770	1,3	2,0	0,750	1,5
Summa und Mittel	638,5	0,096	61,2	273,6	0,234	64,2	912,1	0,137	125,4

Die Uebersicht, welche ich von den Unterscheidungskennzeichen der Waleser Methode, so wie von der metallurgischen Classificirung der Erze gegeben habe, wird, wie ich hoffe, den Leser in den Stand setzen, die detaillirte Beschreibung der verschiedenen Prozesse zu verfolgen, ohne das sie vereinigende Band außer Acht zu lassen. Die Tabelle über die metallurgischen Reactionen in dem Abschnitt 13. und die synoptische Tafel in Fig. 7. Taf. III., geben übrigens ein leichtes Mittel an die Hand, um die Verkettung der verschiedenen Prozesse wieder zu finden. Ich kann demnach den Haupttheil dieses Werkes, die Beschreibung der zehn verschiedenen Prozesse, beginnen. Diese Beschreibung bildet den Gegenstand der zehn folgenden Abschnitte.

III. Erster Prozeß.

Röstung der geschwefelten Erze (der armen und der von mittlerem Gehalt) mit kiesiger Gangart.

Beschaffenheit der zu röstenden Erze. — Die Erze, in denen das Kupfer als Kupferkies vorkommt und deren Gehalt 0,10 existirt, werden fast ohne Ausnahme dieser Vorbereitung unterworfen, weil alsdann die Gangart vielen Eisenkies enthält. Das Mitvorkommen dieser Substanz hindert gewöhnlich eine Concentration des Metallgehaltes durch eine mechanische Aufbereitung. Die schädlichen Substanzen und besonders die arsenikalischen geschwefelten Verbindungen, wie der Arsenikkies, sind die Veranlassung, daß Erze von einem mittlern Gehalt auch geröstet werden, obgleich sie, eben wegen dieses höhern Gehalts und wegen des wenigen, damit vorkommenden Eisenkieses, recht gut ungeröstet in die Beschickung gebracht werden könnten. In dem vorhergehenden Abschnitte sind alle wünschenswerthen Details über die durchschnittliche chemische Zusammensetzung beider Classen von Erzen, die dieser Röstung unterworfen werden, mitgetheilt. Die armen Erze der ersten Classe kommen fast alle aus Cornwall und aus Irland; die reicheren Erze der zweiten Classe werden meistentheils von der Insel Cuba eingeführt.

Brennmaterialiengemenge, welches benutzt wird. — Das Brennmaterial, welches zur Feuerung der Röstöfen angewendet wird, besteht gänzlich aus kleinen oder Staubkohlen und zwar aus einem Gemenge von 0,72 Anthracit mit 0,28 Steinkohlen. Die durchschnittliche Zusammensetzung und der Preis dieser beiden Brennmaterialien ist in Abschn. I. angegeben. Auf der Hütte kostet die Tonne von diesem Gemenge 4,92 Schill. Die Röstöfen erhalten außerdem noch eine geringe Quantität kleiner Cinders, welche durch den Rost fallen, sowohl bei den Röst-, als auch bei den Schmelz-, Brat- und Gaarmach-Oefen. Aus diesem Grunde verbrauchen die Oefen, welche zur Röstung der Erze und des Rohsteins angewendet werden (Prozeß I. u. III.), wirklich etwas mehr Brennmaterial und alle andern Oefen etwas weniger, als die Berechnung ergiebt, indem man dabei blos die auf den Rost kommenden neuen Brennstoff-Mengen rechnet. Jedoch ist dieser Umstand von zu geringer Wichtigkeit, als daß es von Nutzen wäre, ihn in der Productionskosten-Berechnung für jeden Prozeß zu berücksichtigen.

Innerer Transport der zu röstenden Erze. — Die erste Arbeit, welche die Erzröstung erfordert, ist der Transport der zu röstenden Erze von den Nie-

derlagen in der Nähe der Quais, auf denen alle Erze aufgestürzt werden, bis zu den Trichtern über den Gewölben der Röstöfen (Taf. I. Fig. 3. u. Taf. III. Fig. 4. u. 5.). In der Beschreibung des Materials einer Schmelzhütte (Abschn. XVII.) kann man sehen, daß die senkrechte Entfernung zwischen den beiden Sohlen der Niederlagen und der Trichter durch eine Dampfmaschine ausgeglichen wird, indem dieselbe die Erze hebt. Die Leistung der Arbeiter besteht daher einestheils in dem Transport der Erze von der Niederlage bis zum Fuß der geneigten Ebene, mittelst Karren; anderntheils in der Fortschaffung derselben gefüllten Karren von dem obern Ende der geneigten Ebene bis zu den Trichtern. Außerdem haben die Karrenläufer noch die leeren Karren in beiden Sohlen zurückzufahren.

Die Größe der Arbeit, zu welcher dieser erste innere Transport Veranlassung giebt, wird durch die folgenden Data bestimmt. Die Erze der ersten und der zweiten Classe, welche in den 6 Arbeitstagen einer Woche zu transportiren sind, haben ein Gewicht von 741,6 Tonnen. Die Röstung einer jeden Charge, mit Inbegriff des Auskratzens, dauert 12 Stunden; man macht daher in jedem Ofen in 24 Stunden zwei Chargen. Ohnerachtet dieser ununterbrochenen Arbeit beim Rösten, ist doch eine einzige Schicht für die Förderleute ausreichend. Man braucht daher nur, je nach der Jahreszeit, den Moment des Eintragens der Erze zu neun oder zu eilf Uhr bestimmen. Die Leute können alsdann in einer einzigen Tagesschicht des Morgens die Trichter für die Tagesschicht füllen und dann sogleich eine andere Füllung für die Charge beginnen, die zwölf Stunden später stattfindet. Die den Transport besorgenden Arbeiter haben daher in jeder Schicht 123,6 Tonnen Erz herbeizuschaffen und zwar auf folgenden Strecken:

Mittlere horizontale Entfernung von den Haufen der Niederlagen bis zum Fuß der geneigten Ebene, mittelst Karren . . .	40	Met.
Mittlere horizontale Länge der geneigten Ebene	16	=
Senkrechte Höhe	8	=
Die Förderung auf der geneigten Ebene findet durch eine Dampfmaschine statt.		
Mittlere horizontale Entfernung des obern Theiles der geneigten Ebene von den Trichtern der Oefen	40	=

Die zu diesem Transport angewendeten Karren sind, wie alles Material der Waleser Hütten, sehr gut eingerichtet, um stets Arbeit und Arbeiter zu sparen. Der Schwerpunct der beladenen und bewegten Karren liegt in der Nähe der Radachse. Die gewöhnliche Ladung beträgt 3 Centner = 0,15 Tonnen; 7 Frauen von 20 bis 40 Jahren besorgen den ganzen Transport von den Haufen bis zum Fuß der geneigten Ebene; oben von derselben bis zu den Trichtern werden die Karren von 7 jungen Leuten von 17 bis 19 Jahren bewegt und die Trichter gefüllt. Die Arbeitszeit dauert 10 Stunden und die Frauen erhalten für die Tonne Erz 1,75 und die jungen Leute 1,83 Schill.; diese Gedinge sind in allen Hütten gleich, aber die Anzahl der Arbeiter ist nach dem mehr oder weniger lebhaften Betriebe verschieden. In der als Muster angenommenen Hütte reichen 14 Förderleute nicht allein hin, in 6 Tagen zu 10 Arbeitsstunden, 741,6 Tonnen zu röstende Erze (1. u. 2. Classe), sondern auch 161,1 Tonne Erz (3., 4. u. 5. Classe), welche ungeröstet zu den Schmelzprozessen II., IV. u. VI. kommen, zu transportiren (s. Abschn. XVII.). Die 9,4 Tonnen Hüttenproducte und sehr reiche Erze (6. u. 7. Classe) werden direct nach den Oefen geschafft, ohne dabei die geneigte Ebene zu benutzen, wie

wir in den Abschn. 6. u. 11. sehen werden. Die 10 Arbeitsstunden sind auf folgende Weise getheilt:

Zu röstende Erze	123,6 Tonnen, täglich	8 St. 13 Min.
Ungeröstet zu verschmelzende .	26,8 „ „	1 „ 47 „
	154,4 Tonnen	10 St. — Min.

Unter diesen Bedingungen gebraucht eine jede von den 7 Frauen am untern Ende der geneigten Ebene sechs Zehntel von ihrer Zeit zum Füllen der Karren oder zum Ruhen; die übrigen vier Zehntel werden zum Fortschaffen der Karren mit einer mittlern Geschwindigkeit von 1 Meter in der Secunde oder von 3600 Meter in der Stunde, verwendet. Auf dem obern Planum ruhen die Arbeiter etwas länger als die Hälfte ihrer Zeit und schaffen die Karren mit einer Geschwindigkeit von etwa 4000 Meter in der Stunde fort.

Auf jedem Plateau der geneigten Ebene werden jedesmal 4 beladene Karren, zusammen mit einer Ladung von 0,60 Tonnen Erz emporgezogen. Die 123,6 Tonnen zu röstendes Erz werden täglich in 206 Malen aufgezogen, mit einer Geschwindigkeit von 2′ 23″ d. h. in 8 Stunden 13 Minuten, wie schon weiter oben angegeben wurde. Von der ganzen Zeit werden nur 30″ zum Aufziehen der beladenen Schale angewendet. Die Leistung der Maschine in der Zeit, in welcher sie wirksam ist, beträgt demnach nur $\frac{608,6 \times 8}{30 \times 75}$ $= 2,16$ Pferdekräfte. Da aber diese Maschine leer 1′ 53″ auf 2′ 23″ geht, so ist ihre Leistung dann nur die von 0,45 Pferdekraft. Die Kraft der Dampfmaschine, welche die Schalen des Aufzuges oder der geneigten Ebene in Bewegung setzt, wird zu 4 Pferdekräften angeschlagen. Ihr Nutzeffect in dem Augenblicke ihrer Wirkung beträgt daher 0,54; er reducirt sich auf 0,11 auf die ganze zehnstündige Arbeitszeit gerechnet. Der Cylinder der Maschine hat 0,17 Met. im Durchmesser; der Dampf wirkt mit Hochdruck, mit Expansion und ohne Condensation. Der Kessel verzehrt bei zwölfstündiger Feuerung und zehnstündiger Arbeitszeit 0,30 Tonnen Steinkohlen. Ein Maschinenwärter, der 4 Schill. tägliches Lohn erhält, reicht hin, um zu feuern und um, mittelst eines Hebels, das Vor- und Rückwärtsstellen des Aufzuges zu besorgen.

Unter diesen Bedingungen kostet der Transport einer Tonne zu röstendes Erz vor der Ablagerung bis zu den Trichtern der Oefen:

Arbeitslohn:			
Förderung zum Fuß des Aufzugs .	0,046 Tag	à 1,75 Sch.	= 0,081 Sch.
Förderung auf dem Aufzuge . .	0,046 „	à 1,83 „	= 0,084 „
Wartung der Maschine	0,007 „	à 4,00 „	= 0,028 „
Materialien:			
Steinkohlen für die Maschine . .	0,002 Tonne	à 6,00 „	= 0,012 „
Unterhalt der Maschine, der Karren, der Förderbahn ꝛc. . . .			0,025 „
		Summa:	0,230 Sch.

Arbeiterpersonal; Leistungen; Löhne. — Jeder Erzröstofen wird von zwei Arbeitern bedient, jungen Leuten von 19 bis 24 Jahren, die stets 2,17 Schill. für die Charge bekommen. Jeder macht eine 24stündige Schicht und ruht dann die folgenden 24 Stunden. Man verröstet in jedem Ofen zwei Chargen täglich, so daß der Lohn für jede Charge auch mit dem Taglohn eines jeden Röstarbeiters übereinstimmt.

Außer den Manipulationen, welche die eigentliche Röstarbeit erfordert, haben diese Arbeiter einen Theil des Brennmaterials aus den Niederlagen im In-

nern der Hütte zu den benachbarten Oefen zu transportiren, so wie auch das geröstete Erz von den Oefen nach den Niederlagen ii (Taf. III. Fig. 4.). Diese sind an mehren Puncten zwischen den Röstöfen angebracht und zwar tiefer als die Hüttensohle. Jedoch reichen die Röstofenarbeiter zu dieser Arbeit nicht gänzlich aus, selbst in denjenigen Hütten, die in dieser Beziehung am zweckmäßigsten eingerichtet sind. In einer Hütte, in der wöchentlich 741,6 Tonnen Erze verröstet werden, müssen noch 3 Knaben von 15 bis 17 Jahren, die täglich 1,50 Schill. Lohn erhalten, dazu verwendet werden.

Die Leistungen der Röstarbeiter bestehen hauptsächlich in der Leitung des Feuers, in dem Laden des Ofens, in den Manipulationen, welche während des Röstens mit den Erzen vorgenommen werden, und in dem Auskratzen oder Herausnehmen des Erzes aus dem Ofen. Auf das Wesentliche dieser Arbeiten komme ich zurück.

Das in allen Waleser Kupferhütten, bei der Feuerung der Oefen mit kleinem Anthracit angewendete Verfahren. — Die Leitung des Feuers umfaßt zuvörderst eine allgemeine Thatsache, die allen Oefen der Waleser Methode gemeinschaftlich ist; dann aber auch gewisse Spezialitäten, die sich nur auf die Röstöfen beziehen.

Die allgemeine Thatsache, die zuvörderst zu erwähnen ist, besteht in der Einrichtung, vermöge deren die Waleser Hütten allein dahin gelangt sind, kleine Brennmaterialien und besonders staubartige Sandkohlen zu verbrennen, welches bis dahin noch nicht in Flammenöfen mit Rosten geschehen konnte. Schon weiter oben, in Abschn. I., habe ich die Schwierigkeit dieser Aufgabe nachgewiesen, sowie auch die Erfolglosigkeit der Versuche, welche bis jetzt auf dem Continente gemacht worden, um diese Arten von Brennmaterial in den Hüttenprozessen anzuwenden, nachdem sie vorher in Gebläseöfen in Gas verwandelt worden sind. Bei den Waleser Anthraciten waren die Schwierigkeiten noch weit bedeutender, indem dieselben bei der Destillation wenig brennbare Gase geben, sowie die Braunkohlen, welche oft zu diesem Zweck im südlichen Deutschland versucht sind. Wirklich geben die Anthracite, bei ihrer Verbrennung auf Rosten, eine nur ganz kurze und unbedeutende Flamme und würden demnach zur Feuerung dieser ungeheuren Flammöfen und vorzüglich der Röstöfen (Taf. I. Fig. 1. bis 3.), in denen die Flamme bis zum Fuchs, 7. Met. von den Brennmaterialien, sich ausdehnen muß, ganz ungeeignet sein (Taf. I., Fig. 2.).

Anwendung eines aus erdigen Substanzen gebildeten Rostes. — Die zu gleicher Zeit einfache und sinnreiche Entdeckung der Waleser Schmelzer besteht in der Anwendung eines künstlichen Rostes, der von den gewöhnlichen Rosten sehr abweicht, so wie in der Art und Weise, wie die atmosphärische Luft auf das Brennmaterial einwirkt. Die Waleser Schmelzer bezeichnen diese Substanz mit der Benennung Klinker, welche wir im Deutschen beibehalten wollen.

Anfertigung und Unterhaltung der Klinker-Rosten. — Dieser erdige Rost wird von den Feuerleuten sehr geschickt von der halberweichten Asche angefertigt, die sich unaufhörlich in dem Feuerraume, am untern Theile der in der Verbrennung begriffenen Masse, bildet. Diese Asche, welche ohne die Dazwischenkunft der Arbeiter, den Feuerungsraum sehr bald verstopfen würde, verwandelt sich unter deren Einwirkung und durch das Zusammenbacken der Asche, in einen wirklichen Rost, den weder die Luft noch das Feuer verändern können und durch welchen jene nach den Bedürfnissen des Prozesses strömt. Diejenigen Klinker, die mit dem untern Theil des glühenden Brennmaterials in unmittelbarer Berührung stehen, werden in Folge der Ausstrahlung des anliegenden

Mauerwerks, oder durch eine feste Masse von Brennmaterial, dessen Volum wenigstens 6,90 Kubikmeter und dessen Gewicht 600 Kilogr. beträgt, in eine sehr hohe Temperatur gebracht. Sie selbst, diese Masse, enthält in ihrem teigartigen Zustande eine bedeutende Menge von Kohlenstückchen, welche, indem sie zu brennen fortfahren, in Berührung mit dieser erdigen Materie, eine bedeutende Wärmemenge entwickeln. Die Brennmaterialien müssen so ausgewählt werden, daß unter dem Einflusse dieser Temperatur, das Gemenge ihrer Asche, eine hinreichend weiche Masse giebt, um fest zusammen zu backen, die aber auch feuerfest genug ist, um nicht flüssig zu werden, weil sie sonst in den Aschenkasten fallen würde. Die Aufmerksamkeit der Schmelzer ist sehr lebhaft auf diesen Hauptpunct gerichtet; die Arbeit selbst zeigt ihnen täglich die Gemenge, welche in dieser Beziehung die beste Wirkung hervorbringen und die ihrerseits die geringste Kraftäußerung erfordert. Dieser Nebenumstand, welcher auf den ersten Blick unbedeutend erscheinen könnte, ist jedoch sehr wichtig. Die bedeutende Erfahrung der Waleser Hütten in dieser Beziehung ist eine von den Hauptursachen des guten Erfolgs, und man würde sich sehr verrechnen, wenn man hoffte, daß eine dem Anschein nach so einfache Praxis, an einem andern Ort, mittelst ungeübter Arbeiter und mit noch nicht genau gekannten Brennmaterialien ausgeübt werden sollte.

Physikalische Kennzeichen und chemische Zusammensetzung des Klinkers. — Die Klinker bilden eine weniger fremdartige Substanz, als man es glauben sollte, wenn man ihren Ursprung betrachtet und ohne die bedeutende Zeit (10 bis 12 Stunden) zu berücksichtigen, während welcher die Bestandtheile auf einander zurückwirken können. Ein Stück von guter Beschaffenheit hat ganz das Ansehn der bei einem schlechten Betriebe von Holzkohlen-Hohöfen zur Roheisenproduction, gefallenen Schlacken. Die herrschende Substanz ist ein grünlichgraues oder braunes, gut geflossenes Glas, blasig und die Oberflächen der Blasenräume glatt. In diesem Glase bemerkt man hin und wieder kleine Stückchen von kohligen und erdigen Substanzen, die zum Theil unvollkommen darin zerfließen, ferner Körner von Schwefeleisen und schlackige Massen von Eisenoxyd, die ganz offenbar von der Schmelzung und Röstung des den Steinkohlen beigemengten Kieses herrühren.

Von verschiedenen Höhen der Klinkermasse genommene Bruchstücke erklären alle Umstände der progressiven Bildung derselben, durch eine gegenseitige Einwirkung der Thonerde-Silicate und des Kieses, unter dem Einflusse der oxydirenden Gase und einer hohen Temperatur. Durch ein nicht genug zu bewunderndes Zusammentreffen, wird das Silicat reicher an Eisenoxyd und folglich auch reicher, je mehr sich die Bruchstücke von dem Niveau entfernen, wo sie zuvörderst sich vereinigten und wo der Klinker vollständig flüssig werden würde.

Die Analyse eines guten Klinkers hat folgende Resultate gegeben:

Kieselerde	0,520	Eisenoxyd-Silicat	0,110
Eisenoxyd	0,052	Eisenoxydul-Silicat	0,404
Eisenoxydul	0,220	Erdige Oxyd-Silicate	0,451
Thonerde	0,142	Schwefeleisen	0,023
Kalkerde	0,024	Kohle	0,012
Bittererde	0,007		1,000
Schwefel	0,013		
Eisen	0,010		
Kohle	0,012		
	1,000		

Diese Zusammensetzung entspricht fast einem Bisilicat, da sich der Sauerstoff der Basen zu dem des Kiesels wie 14 : 27 erhält.

Vertheilung der Temperatur in dem Klinker. — Indem die fortschreitende Verbrennung neue Schichten von Klinkern bildet, entfernt sie nach und nach von dem Wärmeherd die früher gebildeten Schichten. Von oben nach unten gerechnet, haben diese Schichten eine sehr schnell abnehmende Temperatur, aus einem zweiten Grunde, weil von unten nach oben die Luft hindurch strömt und die, ehe sie auf das Brennmaterial wirkt, sich wie ein Abkühlungsmittel verhält. Ein dritter Grund endlich ist der, weil die in dem entstehenden Klinker eingeschlossenen kohligen Substanzen sich rasch verzehren und dann nicht weiter zur Erhöhung der Temperatur beitragen. Unter diesem Niveau der Verbrennung dient der Klinker, indem er sich selbst abkühlt, nur zur Erwärmung der aufsteigenden Luft. Jedoch zeigen die untern Klinkerschichten, auf denen die teigige Schicht ruhet und die eigentlich die Rolle des Rostes spielt, eben so wenig als diese, irgend eine Regelmäßigkeit. So wie die Masse durch Abkühlung fest wird, so erlangt sie auch, wie alle glasigen Substanzen von solcher Beschaffenheit, eine gewisse Sprödigkeit; sie zerbricht von selbst in große Stücke, deren Klüfte groß genug sind, um die erforderliche Luft zum Herde gelangen zu lassen, jedoch nicht so groß, daß das staubartige Brennmaterial durchfallen kann. Die Geschicklichkeit des Schürers besteht zum großen Theil darin, in der erdigen Masse den Grad der Theilung in jedem Niveau herzustellen; die Durchdringlichkeit der Masse muß da, wo der Klinker entsteht, sehr gering und unten, wo er vollständig abgekühlt ist, sehr bedeutend sein. Es müssen auch die untern Klinkerstücke weggenommen werden, in dem Maß als sich oben neue Schichten bilden, damit der Raum, welcher in dem Herde dem eigentlichen Brennmaterial bleibt, stets in einem richtigen Verhältniß zu dem steht, der von der erdigen Unterlage eingenommen ist. Der prismatische, im Durchschnitt länglich viereckige Raum, welcher den Feuerungsraum bei allen Waleser Oefen bildet, ist gewöhnlich auch eine Höhe von 0,60 Met. mit Klinkern angefüllt. Der teigige, sich erst bildende Klinker ist etwa 0,10 Met. stark; darunter kommen doppelt so starke (0,20 Met.) halb teigige Stücke, die noch mit Kohle gemengt sind und eine lebhafte Rothglühhitze zeigen. Noch tiefer kommen, 0,30 Met. stark, große Stücke, ohne eingemengte Kohle und durch 0,15 bis 0,20 Met. weite Klüfte von einander getrennt. Diese untere Masse glüht an der untern Fläche nicht mehr, hat aber eine hinlänglich hohe Temperatur, um eingespritztes Wasser sogleich in Dampf zu verwandeln. Das ganze System ruht auf vier oder fünf Eisenstäben, die jedoch hier durchaus nicht als Rost, sondern nur als Stützpuncte für die Klinker dienen; sie nutzen sich daher nicht ab, wie die unmittelbar mit dem Brennmaterial in Berührung stehenden Roststäbe. Ihre Dauer ist daher sehr groß, und die dadurch gegen andere

Flammöfen erlangte Ersparung gehört durchaus nicht zu den unwesentlichen Vortheilen dieser Art der Verbrennung.

Prinzip der Gaserzeugung aus kleinem Anthracit; Formen von Klinker. — Das Prinzip der Verbrennung in den Waleser Oefen ist nicht minder charakteristisch, als die Herstellung des Rostes aus einer verglasten Masse. Ueber diesem Rost ist der Feuerungsraum 0,60 bis 0,70 Met. mit pulverförmigen Brennmaterialien angefüllt, deren Beschaffenheit weiter oben beschrieben worden ist. Sei die Stärke des Zuges, der die atmosphärische Luft durch den Feuerungsraum strömen zu lassen sucht, welche sie wolle, so würde die Gascirculation durch eine solche Masse unmöglich sein, wenn die Kohlentheile auf dieser ganzen Höhe so festgestampft bleiben würden, als sie es sind, wenn sie eingeschürt werden; allein es ist ganz anders. Die Elemente des Klinkers fangen nicht allein an sich in dem Niveau zu zeigen, wo sie sich zu einer teigigen Masse vereinigen, sondern sie backen schon mitten in der glühenden Masse des Brennmaterials zusammen. So bemerkt man z. B. diese ersten Theilchen des Klinkers, wenn man bei einer Reparatur des Ofens den Feuerungsraum entleert, 2 oder 3 Decimeter unter der Brücke; man bemerkt dort schon kleine Massen halbfester, halbteigiger Substanzen, welche hie und da den Staubkohlen als Stützpuncte dienen und der Luft einen Durchgang gestatten. Die Arbeiter legen eine große Wichtigkeit darauf, die auf diese Weise entstehenden Zwischenräume nicht durch Stöße zu zerstören, und sie rühren daher auch die glühende Masse, wie es auf dem Rost gewöhnlicher Flammöfen der Fall ist, nie um. Der Schürer läßt hier den ganzen mittlern Theil des Feuerungsraums unberührt, und nur zufällig machen sich einige Veränderungen an der Masse; er wirkt nur auf den ganz obern Theil, indem er von Zeit zu Zeit eine einige Centimeter starke Schicht von frischen Kohlen hinzuwirft, oder auf den ganz untersten Theil, indem er einige Klinkerstücke losmacht und in den Aschenfall fallen läßt. Die Luft strömt durch eine gewisse Anzahl Oeffnungen, die in dem teigigen Klinker gemacht und unterhalten werden, in die kohlige Masse. Die Verbrennung selbst, die unmittelbar über diesen Oeffnungen stattfindet, concentrirt ganz natürlich an diesen Puncten die Veraschung und die Klinkerbildung. Um die senkrechten Luftzüge entsteht eine Art von Röhren, indem sich der Klinker zu agglomeriren beginnt, und diese Röhren führen die Luft mitten in die benachbarte kohlige Masse. Wenn nun der Ofen in einem normalen Betriebe erhalten wird, so bleiben die Röhren sich fast stets gleich; einerseits streben sie stets stärker und höher zu werden, indem sich immer mehr Asche von den verbrennenden Kohlen trennt; andererseits werden sie unter dem Einflusse einer hohen Temperatur gewissermaßen flüssig und vermehren die Masse des glasigen Klinkers, der die wesentliche Basis des ganzen Systems bildet. Man kann das Ganze nicht besser als mit einer horizontalen Platte vergleichen, welche die glühenden Kohlen trägt und die mit einer Anzahl Löcher durchbohrt, und auf deren jedem eine cylindrische oder konische Röhre angebracht ist, die gleichen Durchmesser wie das Loch hat und die etwa 0,40 Met. in die kohlige Masse dringt, so daß die Luft durch ihre Enden, oder durch eine Reihe kleiner, darin angebrachter Röhren eintritt. Ein solcher Apparat scheint allein der geeignete zu sein, um sandige Staubkohlen mittelst der Bewegungen der Luft, die den Zug der Esse veranlassen kann, zu verbrennen. Jedoch kann ich mir kein praktisches Mittel denken, um alle Theile eines solchen Apparats aus dauerhaften Materialien zu erbauen und ihn wirken zu lassen, ohne nicht stets fürchten zu müssen, daß er durch die Asche des Brennmaterials verstopft werde.

Das Bewunderungswürdigste an der Erfindung der Waleser Schmelzer ist, daß sie die Lösung der Aufgabe durch den Umstand bewirkt haben, der die Schwierigkeit darbietet, d. h. sie haben mit der Asche des Brennmaterials einen Rost construirt, der, da er sich gewissermaßen von selbst bildet, keine Kosten der Anfertigung und der Unterhaltung veranlaßt.

Grad der Vollkommenheit, welcher in der Praxis bei dem Schüren erlangt worden ist. — Die obige Beschreibung ist hinreichend, um zu zeigen, daß der Klinker durchaus nicht so regelmäßig als der erwähnte hypothetische Rost sein kann; die geschicktesten Schürer können dies auch nie erreichen. In vielen schlecht betriebenen Oefen circulirt die Luft nur sehr unregelmäßig in dem Feuerungsraum, und es ist dies eine Folge der unförmlichen erdigen Massen, deren mechanische Mengung der Kohlenmasse gewissermaßen Consistenz und Porosität verleiht. Diese nachtheilige Darstellung des Klinkers hat oft einen nachtheiligen Einfluß auf die Vertheilung der Wärme in den Oefen, und folglich auch auf den Erfolg des Prozesses. Dieser Nachtheil löset sich aber endlich in eine Zunahme des Brennmaterialienverbrauchs auf, so wie sich ein besseres Schüren durch ausgewähltere und erfahrenere Arbeiter in ein höheres Lohn auflösen würde. In gut betriebenen Hütten hält man sich zwischen diesen beiden Puncten, indem man auf der einen Seite die höhern Ausgaben vermeidet, und andererseits durch eine gute Aufsicht durch die Beamten, mittelst gewöhnlicherer Arbeiter dennoch gute Resultate zu erreichen sucht.

Viele Praktiker haben mir versichert, daß sorgsame und intelligente Arbeiter Feuerungen, die einmal in gutem Betriebe seien, dann ausschließlich mit kleinem Anthracit unterhalten konnten; ja ich selbst habe auf diese Weise einen vollständigen Prozeß in mehren Oefen führen sehen. Jedoch setzt ein solches Resultat solche Arbeiter voraus, wie sie nur selten zu finden sind, die man sehr hoch lohnen müßte und die anderweitig weit zweckmäßiger benutzt werden können. In Wales, wo backende Steinkohlen nur 33 Procent mehr kosten, wie der Anthracit, ist es weit zweckmäßiger, letzterm eine gewisse Quantität von jenen beizumengen. Das Gemenge hat auch in einem gewissen Maß die Eigenschaft, durch die Einwirkung der Hitze sofort zusammen zu backen. Man veranlaßt auch ferner dadurch, daß die Kohlenstücke vor der Verbrennung nicht so leicht durch zu große Oeffnungen niederfallen, welche durch Nachlässigkeit der Arbeiter leicht in dem Klinker entstehen. Wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, 3 Theilen Anthracit 1 Theil Kohlen beimengt, so erhöhet man den Preis des Brennmaterials nur um 8 Procent; allein man vermindert alsdann in einem weit bedeutendern Verhältniß die Sorgfalt, die Kosten und die Beaufsichtigung beim Schüren. Schon weiter oben habe ich bemerkt, daß man in einer großen Hütte aus der Asche und den übrigen Rückständen in den Aschenfällen kaum 3 Tausendtheile von dem eingeschürten Brennmaterial aushalten könne, und es giebt dies einen Maßstab für die Wirksamkeit der Art und Weise der Waleser Feuerung.

Es war jedoch nicht hinreichend, schwierig zu verbrauchende Brennmaterialien vollständig und haushälterisch zu verbrennen, sondern es mußten auch die gasigen Producte dieser Verbrennung zu sehr verwickelten und verschiedenartigen Prozessen benutzt werden, wie sie in den Waleser Oefen ausgeführt werden müssen. Zu diesen allgemeinen Thatsachen, welche sich auf die Feuerung aller Oefen beziehen, kommen daher noch für jede besondere Art von Oefen besondere Einrichtungen, welche durch die darin ausgeführten Wirkungen bedingt werden. Hierbei zeigt sich, wie wir weiter unten an mehren Orten

des Werks sehen werden, die Fruchtbarkeit des Erfindungsgeistes, den die Ausübung der Gewerbe hervorruft und den man besonders beim Hüttenwesen wahrnimmt. In allen Zweigen desselben habe ich tief in den Werkstätten, in welche nie die wissenschaftlichen Kenntnisse Europas gedrungen sind, gleiche Gegenstände der Bewunderung gefunden. Nichts scheint mir der Aufmerksamkeit der Philosophen würdiger, als die Erscheinung, welche Arbeiter ohne Cultur und ohne alle hervorragende Talente, ohne allen Erfindungsgeist geben, indem sie seit drei Jahrtausenden der modernen wissenschaftlichen Bewegung voraneilen, und sich von Geschlecht zu Geschlecht Verfahrungsarten beim Arbeiten mittheilen, welches Meisterstücke des menschlichen Geistes sind und zu deren Höhe sich in vieler Beziehung die reinen Wissenschaften noch nicht zu erheben vermogten.

Anwendung der Producte der Gaserzeugung aus Anthracit zum Rösten. — Gehen wir nun zur Auseinandersetzung der Thatsachen über, welche die Erzröstung betreffen, so muß ich zuvörderst bemerken, daß die Lösung dieser Aufgabe ganz besondere Schwierigkeiten hatte. Soll die Röstung in Flammöfen, so wie sie die englischen Hüttenleute überall anwenden, wohlfeil sein, so erfordert sie Apparate von sehr großer Ausdehnung. Nun scheint aber ein trocknes anthracitartiges Brennmaterial, welches fast ohne alle Flamme verbrennt, auf den ersten Blick sehr ungeeignet zur Feuerung großer Oberflächen zu sein; vor allen Dingen scheint es schwierig, 7 Meter von der Feuerbrücke (Taf. I., Fig. 1 und 2.), an dem Fuchs p p, die dem Röstprozeß zweckmäßige, gelinde Temperatur hervorzubringen, ohne daß an der Feuerbrücke eine zu starke Hitze herrscht. Man hat diese Schwierigkeiten dadurch gehoben, indem man in dem Feuerungsraum das feste Brennmaterial vollständig in Kohlenoxydgas verwandelt, indem man diese Gase auf der ganzen Herdsohle verbreitet und endlich, indem man sie über den zu röstenden Substanzen langsam verbrennt, welches mittelst besonderer Luftströme, die nicht durch den Rost gehen, geschieht.

In einer diesen wichtigen Fragen gewidmeten Abhandlung (Annales des Mines, 3. série, Tome XIX., p. 316 und auszugsweise in der Berg- und hüttenm. Zeit. 1842, S. 885 ꝛc.), habe ich bewiesen, daß die mit einer bedeutenden Geschwindigkeit (z. B. von 25 bis 100 Met. in der Secunde) mitten in die glühenden Brennmaterialien geworfene Luft sich sehr rasch in Kohlenoxydgas verwandelt und zwar nur wenige Centimeter von der Einströmungsöffnung entfernt. Wenn dagegen die Einströmungs-Geschwindigkeit gering ist, so entsteht zuvörderst nur Kohlensäure, die mit atmosphärischer Luft gemengt bleibt, und diese Gase können sich lange mitten in der kohligen Masse aufhalten, ohne sich vollständig in Kohlenoxydgas zu verwandeln.

Vollständige Verwandlung des Anthracits in brennbare Gase. — Eine sehr einfache Berechnung zeigt, daß die erstere Bedingung in dem Feuerungsraum der Röstöfen erfüllt wird. Man verbrennt daselbst in 11½ Stunden (die wirkliche Arbeitszeit für eine Charge) 306 Kilogr. Anthracit und 114 Kilogr. Steinkohlen, deren Gesammt-Zusammensetzung sich auf folgende Weise darstellen läßt:

	Kilogr.
Kohle, die nur durch die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs in Gas verwandelt werden kann	297
Brennbare Gase, die sich durch den Einfluß der Wärme entwickeln	82
Asche	41
Summa:	420

Um die 297 Kilogr. Kohle in Gas und in Kohlenoxydgas zu verwandeln, sind 395 Kilogr. Sauerstoff erforderlich, die 1717 Kilogr. oder 1321 Kubikmeter atmosphärischer Luft von gewöhnlicher Temperatur und von gewöhnlichem Barometerdruck entsprechen. Indem aber diese Luft die glühende Masse des Klinkers und besonders die Röhren, die ihr den Weg mitten durch das Brennmaterial bahnten, durchströmt, erlangt sie die Temperatur des Feuerungsraumes und folglich ein Volum, welches wenigstens das Fünffache von dem ist, was sie außerhalb des Ofens hatte. Das Volum, was demnach durch die Klüfte im Klinker angezogen wird und in den Ofen gelangt, beträgt demnach wenigstens 6605 Kubikmeter in 11½ Stunden oder 0,160 K. M. in der Secunde. Diese Klüfte sind wenigstens 0,30 Met. von einander entfernt; es giebt deren höchstens 10 auf der ganzen Oberfläche des Feuerungsraumes, und ihr Querschnitt übersteigt 20 Quadratcentimeter nicht. Die Geschwindigkeit der durch diese Oeffnungen einströmenden Luft ist daher nicht geringer als 8 Meter in der Secunde. Jedoch ist diese Geschwindigkeit unter der, welche ein Gebläseofen zur raschen Umwandlung der Luft in Kohlenoxyd verlangt. Sie ist fast von derselben Art als die, welche die Luft hat, welche den Kupolöfen zum Umschmelzen des Roheisens zugeführt wird. Vergleicht man aber das Gewicht der Luft, welches in derselben auf die glühenden Koaks strömt, so findet man, daß die Gase, nachdem sie in dem glühendem Brennmaterial eine senkrechte Höhe von 2 bis 3 Meter durchströmt haben, noch bedeutend viel Kohlensäure enthalten. Jedoch suchen mehre sehr wirksame Ursachen, die weder in den Kupol-, noch in andern Schachtöfen vorhanden sind, in dem Feuerungsraum der Waleser Oefen die vollständige Umwandlung der Luft in Kohlenoxydgas zu beschleunigen. Zuvörderst wird die Luft, ehe sie auf die Kohle reagirt, dadurch, daß sie vorher durch den Klinker strömt, zu einer sehr hohen Temperatur erhoben; denn die Klinkermasse in den Waleser Feuerungsräumen wirkt wie ein Lufterhitzungsapparat, jedoch weit vollkommener als die bis jetzt bei den Schachtöfen angewendeten; ja man darf behaupten, daß dieser Apparat alle nur möglichen Vollkommenheiten vereinigt: er veranlaßt keine Kosten, weder der Erbauung noch des Unterhalts; er verbraucht nur die der Luft wirklich mitgetheilte Wärmemenge; er ist durchaus unveränderlich, ohnerachtet des vereinigten Einflusses der Wärme und des Sauerstoffs, welche in so hohen Temperaturen alle bis jetzt angewendeten metallischen Erhitzungs-Apparate zerstören. Man darf daher nicht erstaunen, daß unter einem solchen Einflusse die Reaktionen unverhältnißmäßig weit rascher sind, als in den Schachtöfen mit Luft von gewöhnlicher oder wenig erhöheter Temperatur. Die zweite zu berücksichtigende Ursach ist die außerordentliche Theilung des Brennmaterials. Aus Gründen, die hier nicht weiter entwickelt zu werden brauchen, können die großen Schachtöfen, welche zu den Fundamental-Prozessen der Metallurgie angewendet werden, das Brennmaterial nur in großen Stücken benutzen, und es ist klar, daß die bedeutenden leeren Räume von 20 bis 400 Kubik-Centimeter, welche zwischen diesen Stücken vorhanden sind, bei übrigens gleichen Umständen, sehr nachtheilig auf die schnelle Reaktion der Gase auf die feste Kohle einwirken. Die Bedingungen einer schnellen Reaktion sind ganz offenbar in einer Masse von pulverförmigem Brennmaterial, in welchem die Zwischenräume fast capillär, und wobei die Summe der leeren Räume nur 18 Procent von dem ganzen Volum des Brennmaterials bildet, weit günstiger.[1])

---

[1]) Durch die Erfahrung habe ich gefunden, daß die mittlere Dichtigkeit des Wa-

Kennzeichen des Stromes der brennbaren Gase, welcher aus dem Feuerungsraume hervorkommt. — Alle Erscheinungen der in einem guten Betriebe stehenden Röstöfen beweisen, daß der Gasstrom, welcher sich unaufhörlich aus dem Feuerungsraum derselben entwickelt, ausschließlich aus brennbaren Gasen besteht; daß er durchaus nicht mit Luftstrahlen vermengt ist, und daß er daher durchaus nicht mit den Flammen verglichen werden könne, die sich aus den Feuerungsräumen der gewöhnlichen Flammöfen zum Puddeln, Schweißen, in denen sehr hohe Temperaturen herrschen, entwickeln. Dieser Strom, der zum Theil aus brennbaren Gasen besteht, welche die Steinkohlen und der Anthracit durch die bloße Destillation entwickeln, zum Theil aber aus Kohlenoxydgas, welches aus der Reaktion der Luft auf den festen Theil derselben Brennmaterialien hervorgeht, und welches sich unaufhörlich aus der glühenden Masse entwickelt, in deren Mitte sich die Luft gleichförmig beim Austritt aus den Klinkerklüften vertheilt. Es strömt sehr langsam aus der weiten Oeffnung über der Feuerbrücke, welche den Feuerungsraum mit dem Herde verbindet; es breitet sich dann mit noch größerer Verzögerung der Bewegung aus, indem es mit dem Gewölbe über dem Herde in Berührung tritt. Die hohe Temperatur, die das Kohlenoxydgas in dem Feuerungsraum erlangt hat, der Platz, den es bei seinem Eintritt in den Herd einnimmt, stellen es ganz natürlich über die Luftschicht, welche durch besondere, über der Herdsohle und dem zu röstenden Erz angebrachte Oeffnungen eingeströmt ist. Das brennbare Gas, welches sich über einer Schicht atmosphärischer Luft befindet, entzündet sich an seiner untern Fläche; es entsteht demnach an der ganzen berührten Oberfläche eine dünne Flammenschicht (Taf. I., Fig. 2.). Diese zeigt alle Erscheinungen, welche die langsame Verbrennung des Leuchtgases charakterisirt und deren Erklärung, meines Wissens, die schönste Entdeckung des genialen H. Davy ist. Diese Flammenschicht unterbricht vollkommen die Durchsichtigkeit des brennbaren Gases, unter welchem sie aber eine nur geringe Stärke hat.

---

leser Anthracits, so wie er in den Kupferhütten benutzt wird, 1,38 betrage. Wiederholte unmittelbare Beobachtungen an denselben Abänderungen haben mir bewiesen, daß das Hektoliter kleiner Anthracit 112,5 Kilogr. wiegt. Das Verhältniß der leeren Räume zum ganzen Volum ist daher = 255 : 1380, d. h. = 0,185. Dieselben Untersuchungen auf die Koaks angewendet, mit denen man in Schachtöfen, haben mich zu Verhältnissen geführt, die zwischen 0,40 und 0,50 schwanken. Vergleicht man diese Beobachtungs-Resultate mit dem mittlern Volum der Steinkohlen-Bruchstücke, so gelangt man zu einem richtigen Begriff von dem Einfluß, den auf die Circulation der Gase der Zustand der Theilung des Brennmaterials, einestheils in den mit Koaks betriebenen Schachtöfen und anderntheils in den mit Staubkohlen betriebenen Waleser Flammöfen, ausübt. Das mittlere Volum der Koaksbruchstücke in den erstern beträgt fast 400 Kubik-Centim., während das der Anthracittheilchen in den letztern höchstens 10 Kubikmillimeter ausmacht. Das Verhältniß des mittlern Volums der leeren Räume in beiden Fällen ist daher das der Zahlen $\frac{400 \times 0,45}{0,010 \times 0,18} = 100,000$. Demnach haben die Massen des glühenden Brennmaterials, in denen die hier erwähnten Reaktionen entstehen, den Unterschied, daß für die Staubkohlen der ganze leere Raum, bei dessen Nichtvorhandensein die ganze Reaktion unmöglich sein würde, nicht viel geringer ist als beim Koak, während dieser leere Raum aber hunderttausend Mal getheilter ist. Wenn man sich an Dasjenige erinnert, was ich (Annales des mines, 3. Sér. T. XIX., p. 316, und auszugsweise: Berg- und hüttenm. Zeitung, 1842, S. 885 ꝛc.) über den Einfluß der Geschwindigkeit der Luft auf die charakteristische Reaktion der Schachtöfen mit Gebläse, und die augenblickliche Bildung des Kohlenoxydgases gesagt habe, so wird man leicht einsehen, daß in den Feuerungsräumen der Waleser Flammöfen, die fast moleculäre Theilung des Brennmaterials sehr viel zu einer Verminderung der Geschwindigkeit beiträgt.

Erfahrungen, welche das Vorhandensein von 3 gasigen Zonen in dem Ofen darthun. — Man kann sehr leicht nachweisen, daß die verbrennlichsten Körper, in die Schicht der obern Gase getaucht, ohne zu verbrennen, verkohlen. So habe ich Ballen von Hanf mittelst eines Drathes an eine eiserne Stange befestigt und sie eine Viertelstunde lang in das Gas gehalten, ohne daß sie verbrannten, welches niedriger, in der Flamme oder in der Luft sofort geschah. Dieselbe augenblickliche Verbrennung zeigt sich auch mit verkohlten Substanzen, welche sich in dem Gase über der Flamme erhielten. Dieselben Erscheinungen zeigen sich auch über dem Feuerungsraum selbst: große Holzstücke, welche rasch verbrennen, wenn man sie in Berührung mit der Flamme an der Brücke h (Taf. I., Fig. 2.) bringt, verkohlen ohne zu verbrennen, sobald sie dem Gase in e e, über dieser Flamme, an dem Gewölbe und über dem glühenden Brennmaterial ausgesetzt werden. Man erhält auf diese Weise, nach einem gehörig verlängerten Aufenthalt, Holzkohlen, deren Oberfläche eben so unberührt ist, als wenn man sie in verschlossenen Gefäßen zubereitet hätte.

Ein anderer, sehr einfacher Versuch liefert einen andern Beweis von der wirklichen Beschaffenheit der verschiedenen Gasschichten und zeigt, daß die Wärmequelle, welche in dem Herde wirkt, im Wesentlichen in derselben Flammenschicht, zwischen der Zone der Luft und der des brennbaren Gases, ihren Sitz hat. Führt man eine dünne Eisenstange in den Ofen, deren Ende in das brennbare Gas bringt, ohne jedoch das Gewölbe zu berühren. Erhält man die Stange lange genug in dieser Stellung, so daß sich der Einfluß der Flamme darauf geltend macht, jedoch nicht so, daß die Leitbarkeit des Metalles denselben Einfluß auf die benachbarten Theile zeigt, so wird man finden, daß der mit der Flamme in Berührung stehende Theil der Stange rothglühend geworden ist, während das Ende dunkel blieb. Bleibt die Stange denselben Einflüssen länger ausgesetzt, so oxydirt sie sich an dem Theile, der sich unmittelbar unter der Flamme befindet, während sie in der unmittelbar darüber befindlichen Region unverändert bleibt.

Kurz alle Theile des auf der Sohle ausgedehnten Erzes finden sich unaufhörlich von dem atmosphärischen Sauerstoff umgeben und in der Nähe einer gewissermaßen parallelen Masse von brennbarem Gase, welches an seiner untern Oberfläche langsam verbrennt und auf diese Weise die nothwendige Wärme entwickelt, um zwischen dem Sauerstoff der Luft und den geschwefelten Erzen die charakteristischen Reaktionen des Röstens zu bestimmen.

Die vorhergehenden Details weisen die Ursachen der Erzeugung und der Circulation des brennbaren Gases hinlänglich nach; sie zeigen auch, daß keine Spur von dem Sauerstoff, welcher den untern Theil des Herdes einnimmt, nicht durch den Feuerungsraum dahin gelangen kann. Die Fig. 1, 2 und 3 der Taf. I. zeigen, daß die Luft direct in diesen Theil des Ofens eingeführt ist, zuvörderst durch eine Oeffnung oder ein Register v, welches zu dem Ende über der Herdsohle angebracht ist und zwar auf einer von den beiden Seiten der Brücke o, dann aber auch durch vier runde Oeffnungen in den gußeisernen Platten, welche die 4 Arbeitsthüren fast luftdicht verschließen. Der starke Zug der Esse, die alle Röstöfen gemeinschaftlich haben (Taf. I., Fig. 4 und 5; Taf. III., Fig. 4, 5 und 6.), zieht durch diese vier Oeffnungen nur eine stets sehr beschränkte Luftmenge an, da dieselben nur einen geringen Durchmesser (0,02 Met.) haben. Die außerdem noch nöthige Luftmenge strömt durch den Kanal v auf der Seite der Brücke ein, und zwar kann der Arbeiter diese Menge

nach dem Erforderniß verändern; er versetzt zu dem Ende die Oeffnung mehr oder weniger mit Ziegelsteinen.

Geringe Geschwindigkeit der brennbaren und der verbrannten Gase. — Wir haben weiter oben bemerkt, daß das brennbare Gas, dessen Bewegung durch die der Flamme vollkommen dargethan sei, eine geringe Geschwindigkeit habe, sowohl auf der Feuerbrücke, als auch unter dem Gewölbe des Ofens. Man kann diese Geschwindigkeit in den verschiedenen Theilen des Ofens annähernd berechnen, wenn man von folgenden Daten ausgeht.

Man verbraucht in 11½ Stunden 0,414 Tonnen oder 420 Kilogr. festes Brennmaterial, wobei 395 Kilogr. atmosphärischer Sauerstoff einwirken; man erhält in derselben Zeit:

	Kil.	Kil.
Brennbares Gas, durch die Destillation erzeugt . . .	82	
Kohlenoxydgas	692	2096
Stickstoff	1322	
Klinker		0,041
		2,137

Diese Gase haben in einer Temperatur von 0° und bei einem Druck von 0,76 Met. an annäherndem Volum:

	Kub. Met.	Kub. Met.
Brennbares Gas von der Destillation	126	
Kohlenoxydgas	557	1726
Stickstoff	1043	

Dieses Volum wird durch die Temperatur, welcher das Gas zwischen dem Gewölbe und der Flamme unterworfen ist, fast verdreifacht; es strömen daher in 11½ Stunden etwa 5178 Kubikmet. in den Ofen, d. h. in der Secunde 0,122 K. M., welche 0,049 Kilogr. wiegen. Andererseits ist der Querschnitt der Oeffnung über der Feuerbrücke 0,55 Quadratmeter. Die Breite des Gewölbes in dem mittlern Theile des Herdes ist 3,66 Met.; die Dicke der Schicht i des brennbaren Gases (Taf. I., Fig. 2.), die an der Brücke 0,40 Met. beträgt, sich aber am Fuchs um einige Centimeter vermindert, kann im Durchschnitt zu 0,15 Met. angenommen werden; der Querdurchschnitt der Schicht brennbarer Gase in dieser Gegend beträgt daher durchschnittlich 3,66 Met. $\times$ 0,15 oder 0,55 Quadratmeter. Das brennbare Gas bewegt sich demnach, sowohl in dem Feuerungsraum, als auch unter dem Gewölbe des Herdes mit der sehr geringen mittlern Geschwindigkeit von 0,22 Met. in der Secunde. Es ist dies eine solche, bei welcher der Wind erst bemerkbar wird, und bei welcher sich die langsamsten Gewässer bewegen, es ist kaum $\frac{1}{5}$ von der Geschwindigkeit der Lastthiere. Der Herd enthält durchschnittlich 2400 Liter brennbare oder verbrannte Gase, und jedes Gastheilchen hält sich 18 Secunden in dem Ofen auf. Man kann daher sagen, daß in den Waleser Oefen die Röstung unter dem Einfluß einer fast stehenden und in langsamer Verbrennung begriffenen Gasschicht vor sich gehe. Meines Erachtens nach verdienen diese Oefen, sowohl in praktischer Beziehung, als auch aus dem Gesichtspunct der Theorie, den Vorzug vor allen denen, in denen man seit 10 Jahren durch die Verbrennung der staubartigen oder kleinen Steinkohlen eine Flamme hervorzubringen gesucht hat. Sie allein erfüllen von den bis jetzt versuchten und beschriebenen Apparaten alle haushälterischen Bedingungen der Erzeugung und Anwendung der brennbaren Gase.

Mehre von den hier angestellten Betrachtungen, welche die Leitung des

Feuers und die Bewegung der brennbaren Gase in den Erzröstöfen betreffen, lassen sich zum Theil auch auf die übrigen Oefen anwenden. Ich kann daher weiterhin darauf verweisen und mich bei den neun andern Operationen um so kürzer fassen.

Manipulationen bei der Bearbeitung eines Röstpostens. — Die Bearbeitung einer Charge oder eines Röstpostens beginnt ohne Aufenthalt, sobald das letzte Erz von dem vorhergehenden herausgezogen ist. Jeder Posten, der 3,45 Tonnen wiegt und vorher in die Trichter l l (Taf. I., Fig. 2 und 3.) gefüllt worden ist, fällt auf die Herdsohle, sobald man die Register x x an dem untern Ende der Trichter öffnet. Nachdem diese Schieber wieder geschlossen worden sind, zieht der Arbeiter die Erze mit langen eisernen Haken möglichst gleichförmig auseinander, indem man damit nach einander durch alle vier Arbeitsthüren in den Ofen fährt. Die Thüren sind so angebracht, daß man von denselben aus mit dem Werkzeuge an alle Puncte der Sohle gelangen kann. Sobald die Arbeit des Ausbreitens vollbracht ist, werden die Thüren verschlossen. Die zu röstenden Erze haben gewöhnlich die Größe einer Haselnuß, während die Schliche, welche Producte der Wäscharbeit sind, eine pulverförmige Gestalt haben. Die in dem Hofe c c (Taf. III., Fig. 4.) von Haufen verschiedener Vorkommnisse entnommenen Erze werden in zweckmäßigen Verhältnissen, so wie es der Betrieb der Hütte und besonders die auf das Rösten folgenden Schmelzprozesse erfordern, in den Trichtern mit einander vereinigt. Die Förderleute müssen zu dem Ende von den verschiedenen bezeichneten Haufen eine vorschriftsmäßige Anzahl von Karren wegfahren. Wenn die Erze auf die Sohle des Herdes fallen, so sind sie bereits mit einander beschickt, und die Arbeiter beim Rösten stellen alsdann die genaue Mengung noch mehr her.

Die Temperatur der Röstöfen muß sehr sorgfältig gesteigert werden; die plötzliche Anwendung einer hohen Temperatur bestimmt eine zu rasche Verbrennung an der Oberfläche der Eisenkiesstücke, die bei den zu röstenden Erzen vorherrschen. Unter dem doppelten Einfluß der allgemeinen Temperatur des Ofen und der aus der Verbrennung folgenden, verglasen sich diese Stücke an der Oberfläche und backen zusammen. Dieses Zusammenbacken und die oberflächliche Glasur des Schwefeleisens und Eisenoxydes, welche die Stücke bedecken, verzögern alsdann die weitern Fortschritte der Röstung ganz außerordentlich. Eine zu langsam zunehmende Temperatur verzögert die Röstung natürlich aus einer ganz entgegengesetzten Ursach; sie sucht die Menge des Erzes, welche mit Hülfe eines gegebenen Materials zweckmäßig geröstet werden kann, zu beschränken. Mit einer zweckmäßig gesteigerten Temperatur zersetzt sich der Kies, ohne je zu erweichen, in concentrischen Schichten, so daß der Sauerstoff mitten durch eine zerrissene und zerreibliche Schale von Eisenoxyd bis zu der geschwefelten Substanz dringen kann. Die Schmelzbarkeit des Erzes vermindert sich nach und nach, da der Kies immer mehr an Schwefel verliert, der sich durch den Einfluß der Hitze verflüchtigt, und hauptsächlich weil das Schwefeleisen und die übrigen leichtflüssigen Schwefelmetalle, nach und nach durch strengflüssigere Metalloxyde ersetzt werden. Man muß daher die Röstung beeilen, ohne den Erfolg durch eine Erweichung der Substanzen zu benachtheiligen, indem man die Temperatur stufenweis steigert und zwar vom Anfang bis zum Ende des Röstprozesses.

Die Temperatur des Ofens hat in dem Augenblick, in welchem man einen vollständig abgerösteten Röstposten ausleert, ihren höchsten Punct erreicht, und

diese Temperatur bleibt auch noch zum großen Theil in dem Augenblick, in welchem eine neue Charge gemacht wird. Um aber die Hauptbedingung einer stufenweisen Erhitzung zu erfüllen, ist es durchaus nicht nöthig, den Ofen vorher wieder abzukühlen, wie es bei mehren andern Hüttenprozessen geschehen muß. Die bedeutende Erzmasse, die man auf einmal abröstet, absorbirt zum großen Vortheil des Prozesses die übermäßige Hitze, so daß dadurch jede Abkühlung unnöthig ist. Der Ofen, der in dem Augenblick des Einladens die Temperatur der Rothglühhitze hat, tritt sehr schnell seine Wärme an die 69 Centr. (3,45 Tonnen) Erz ab, welche auf der Herdsohle eine mittlere Dicke von 0,12 Met. einnehmen. Ohngefähr eine Viertelstunde nach der Charge, ist die Temperatur des Ofens bis unter die dunkle Rothgluth gefallen, und es ist dann häufig der Fall, daß im mittlern Theil des Ofens ein Stück Zink, auf die Mitte von seiner Höhe gehalten, nicht weich wird. Dennoch hat aber das Erz eine solche Temperatur erreicht, die hoch genug ist, daß sich das den Erzen beigemengte und beigemischte Wasser, daß sich sogar in der Nähe der Feuerbrücke einige schweflichtsaure Dämpfe entwickeln. Man hat daher in einer Viertelstunde mittelst der ungeheuren Wärmemenge, die in dem Ofen angehäuft ist, ein Resultat erlangt, welches bei directer Feuerung eine weit beträchtlichere Zeit erfordert haben würde. Diese Details verdienen angeführt zu werden, da man ihnen jedesfalls einen Theil der größern Leistung der Waleser Röstöfen im Verhältniß zu den auf dem Festlande angewendeten kleinern, in die nur geringe Röstposten eingetragen werden, zuschreiben muß.

Durch den Zug der Esse dringt in die Thüren, während des Entleerens eines Postens und während des Ausbreitens eines neuen, eine bedeutende Menge von kalter Luft ein, wodurch sehr viel von der im Ofen angehäuften Hitze verloren geht. Man muß daher die genannten Arbeiten so viel als nur möglich rasch ausführen, und wendet daher dabei stets zwei Arbeiter an. Bei der Morgencharge gelangt der Arbeiter, welcher den Betrieb des Ofens übernimmt, in dem Augenblick zur Schicht, in welchem sein Kamerad, welcher die vorhergehenden Posten abgeröstet hat, den Ofen entleeren will. Indem nun beide ihre Kräfte vereinigen, entleeren sie den Ofen noch einmal so rasch, als wenn das Geschäft nur von dem einen ausgeführt worden wäre. Beide Arbeiter ziehen auch zusammen die neue Charge auf dem Herde aus, und dann erst verläßt der Arbeiter seine 24stündige Schicht. Nun besorgt der bleibende Arbeiter Alles bei dieser Charge; kommt nun die Zeit, zu welcher dieser Erzposten ausgezogen und ein neuer eingesetzt werden soll, so vereinigen sich die Arbeiter zweier benachbarter Oefen, um erst den einen und dann den andern zu entleeren und zu laden, um auch dann wieder beide Prozesse zu beschleunigen.

Ohngefähr eine Viertelstunde, nachdem der Röstposten auf den Herd gefallen ist, also eine neue Charge begonnen hat, ruht der Arbeiter etwas von den Anstrengungen des Entleerens und Ladens. Dann stellt er die Lebhaftigkeit der Feuerung her, die er gegen das Ende des vorhergehenden Prozesses und besonders in der letzten halben Stunde sehr vermindert hatte. Er untersucht den Zustand des Klinkers mit der größten Aufmerksamkeit, nimmt die Stücke, welche den Zutritt der Luft zu sehr beschränken, vorsichtig weg, stellt mit der Spitze der Brechstange die Oeffnungen her, die sich zu verstopfen scheinen, und befördert das gleichförmige Hinzuströmen der Luft auf der ganzen Rostoberfläche; endlich wirft er auf die obere Fläche eine neue Schicht Kohlen. Dann unterhält er die Feuerung bis zu Ende des Prozesses sehr regelmäßig, wobei die Menge des verbrannten Brennmaterials und folglich auch die des auf den

Ofenherd strömenden Gases, sich gleich bleiben. Immer nach 1 St. 20 Min. wird von Neuem geschürt, und man schürt etwa neunmal während des Abröstens eines Erzpostens. Jedesmal schürt man 0,047 Tonnen von dem Brennmaterial, welche gleichförmig über die Oberfläche des Feuerungsraums verbreitet, ohngefähr eine 4 Centim. starke Schicht bilden. Das Schürloch wird durch Brennmaterial selbst luftdicht geschlossen, wie dies in den meisten, mit Steinkohlen gefeuerten Oefen der Fall ist. Die Thür hat daher einen langen Rahmen oder eine lange Oeffnung, die im Verlauf von zwei auf einander folgenden Chargen mit Kohlen angefüllt bleiben. Wenn der Moment des Schürens gekommen ist, so stößt man mt einer Krücke das in der Thür angehäufte Brennmaterial nach hinten zu und bringt vorn in den nun leeren Raum frisches Brennmaterial. Auf diese Weise erfolgt das Feuern nicht absatzweise, wie in andern kleinern Flammöfen. Die für den Erfolg der Röstung so wesentliche Steigerung der Temperatur erfolgt hier ganz natürlich durch den Widerstand, den eine sehr beträchtliche Erz-Charge zuerst dem Einfluß einer fast gleichförmigen Wärmemenge entgegensetzt. Die Temperaturerhöhung der Ofenwände bleibt beständig mit der Erzmasse verbunden.

Eine Stunde nach dem Anfang des Prozesses sind die Schwefelmetalle in voller Zersetzung, allein es bleibt diese Wirkung ausschließlich auf den obern Theil der Erzschicht, etwa auf eine Dicke von 1 Cent. beschränkt. Wirklich ist diese Schicht diejenige, welche am unmittelbarsten dem Einfluß der Flamme ausgesetzt wird, die sich an dem Gewölbe ausdehnt, so wie auch dem oxydirenden Einfluß der Luftschicht, welche sich zwischen dem Erz und der Flamme befindet. Die Oxydation der Schwefelmetalle entwickelt übrigens eine beträchtliche Wärmemenge und begünstigt dadurch die Fortschritte der Röstung. Diese Einflüsse der Wärme, die hauptsächlich auf die obere Schicht gerichtet sind, erheben die mittlere Temperatur des Ofens, ohnerachtet der abkühlenden Einwirkung der untern Erzschichten, nach und nach. Ließe man aber den Zustand der Dinge lange so, so würde man den Erfolg des Röstens benachtheiligen und würde an der Oberfläche der Erze eine Erweichung hervorbringen. Da zwei Stunden nach dem Beginn des Röstprozesses, die Reaction auf die Oberfläche der Erze sehr lebhaft wird, so führt der Arbeiter die charakteristische Manipulation des Röstens, nämlich die Erneuerung der Oberfläche mit einer Krücke zum ersten Mal aus, indem er auf der ganzen Ausdehnung der Masse eine Reihe paralleler Furchen zieht. Das vollständige Umrühren der Erzschicht dauert etwa 12 Minuten; um aber soviel als möglich die Ursachen der Abkühlung, während dieser unerläßlichen Arbeit zu vermindern, werden die drei übrigen Thüren geschlossen gehalten, während der Arbeiter durch die eine sein Gezäh einführt. Dieses Umkrücken erneuert sich von zwei zu zwei Stunden, so daß während eines Röstprozesses fünf erfolgen.

11½ Stunden nach dem Anfange des Prozesses, vereinigen sich die Arbeiter von zwei benachbarten Oefen, um den einen zu entleeren. Zuvörderst öffnen sie die 4 Thüren und nehmen die Platten weg, welche während des Betriebes die Löcher t (Taf. I., Fig. 1.) verschließen. Endlich ziehen sie mittelst der Krücken die Erze in die Löcher, so daß sie in den untern Behälter u fallen. Die Oeffnung der Thüren unterbricht unmittbar den Zug durch den Feuerungsraum und das Einströmen der Gase in den Herd; es hört folglich auch jeder Verbrauch von festem Brennmaterial auf.

Das Entleeren der Oefen ist eine sehr mühsame Arbeit; das Erz darf in dem Moment, daß man es aus dem Ofen zieht, nicht gänzlich entschwefelt

sein, sondern es muß etwa noch die Hälfte von seinem ursprünglichen Gehalt behalten. Indem die Erze rothglühend mit der äußern Luft in Berührung treten, fahren sie fort, eine bedeutende Menge von schweflichter und Schwefelsäure zu entwickeln, die sich in der Hütte verbreiten und dadurch die Luft fast irrespirabel für Leute machen, die diese schädlichen Einflüsse ungewohnt sind. Die während der Arbeit vor der Oeffnung des Erzbehälters stehenden Arbeiter leiden selbst sehr viel von diesen Dünsten. Um sich dagegen möglichst zu schützen, bedecken sie die untere Hälfte des Gesichts mit einem Tuche und suchen einige Augenblicke an einem andern Puncte der Hütte reinere Luft zu schöpfen. Ist das Auskratzen des Ofens vollendet, so wird sogleich ein neuer Erzposten eingesetzt, mit dem man ganz genau eben so verfährt.

Verwendung der Zeit eines jeden Arbeiters. — Das eigentliche Rösten erfordert von jedem Arbeiter, während der Dauer einer Schicht von 24 Stunden 10 Minuten, nachstehende Zeiträume:

4 halbe Entleerungen der Oefen	0,40	Stunden
4 halbe Ausbreitungen der Chargen . . .	0,24	„
Anordnung des Klinkers zu zwei Malen, 4- bis 6maliges Aufstechen des Rostes . .	0,30	„
18maliges Einschüren	0,36	„
10maliges Durchrühren des Erzes . . .	2,00	„
Summa:	4,10	Stunden.

Jeder Arbeiter hat daher noch in einer jeden seiner beiden Schichten 10 freie Stunden; während der Nachtschicht sind dieselben fast gänzlich der Ruhe gewidmet, während des Tages aber verschiedenen Nebenarbeiten, die einen wesentlichen Theil der Beschäftigungen der Röstarbeiter bilden. Der wichtigste Theil besteht darin, daß sie die abgerösteten Erze, die etwa 0,45 unter der Hüttensohle und 0,95 Met. unter dem Rande der Karren liegen, in diese letztern mit der Schaufel einfüllen und dann etwa 40 Met. weit transportiren. Unter gewöhnlichen Bedingungen geben zwei Chargen rohes Erz zusammen 6,90 Tonnen, oder nach Abzug eines durchschnittlichen Abganges von 0,012 = 6,40 Tonnen geröstetes Erz. Vier Fünftel dieses Productes, welche 5,17 Tonnen ausmachen, werden von den Röstarbeitern transportirt, welche 5 Stunden dazu gebrauchen. Das Uebrige schaffen drei Tagelöhner fort, die täglich 10 Stunden lang wirklich arbeiten und jeder 10,34 Tonnen geröstetes Erz transportiren.

Einen andern Theil seiner Zeit gebraucht der Röstarbeiter, um 0,84 T. Steinkohlen, aus einer Entfernung von durchschnittlich 30 Met. zum Schürloch zu schaffen. Ferner muß er den Aschenfall ausräumen und die unbrauchbaren Klinker, etwa 0,082 T. und die Asche etwa 140 Met. weit nach der Schlackenhalde transportiren.

Außerdem sind die Röstarbeiter noch verpflichtet, beim Laden der Oefen zum Gaarmachen Hülfe zu leisten, wie wir im Absch. XII. noch zeigen werden. Die bedeutende Zeit, welche jeder Arbeiter diesem letztern Geschäft widmet, wird zum Theil von seiner Schicht, theils auch von seinem Ruhetage genommen, wie es die Uebereinkunft der Arbeiter unter einander erfordert. Rechnet man nun die Zeit, diesen verschiedenen Geschäften gewidmet ist, zusammen, so findet man, daß ein Röstarbeiter auf folgende Weise beschäftigt ist:

	Tagt.	Tage.
Eigentliches Rösten. — Active Arbeit	0,172	0,581
Wartung der Oefen . . .	0,409	
Transport des gerösteten Erzes, der Brennmaterialien &c. . . .		0,237
Ladung der Gaaröfen (X. Prozeß)		0,182
		1,000

In den Röstöfen beobachtete Erscheinungen. — Die weiter oben aus einander gesetzten Thatsachen weisen die hauptsächlichsten Bedingungen nach, unter denen die Röstung erfolgt. Dennoch glaube ich hier noch mehre Erscheinungen erwähnen zu müssen, die man berücksichtigen muß, um die dem Anschein nach sehr einfache, in der Wirklichkeit aber sehr verwickelte Theorie von diesem ersten Prozeß des Waleser Kupferhüttenwesens vervollständigen zu können.

Der innere leere Raum, der in dem mittlern Theil des Ofens eine senkrechte Höhe von 0,70 Met. hat (Fig. 2., Taf. I.), zerfällt während der Arbeit in drei verschiedene Schichten, nämlich:

Flamme f, brennbares Gas e g, verbranntes Gas i .	0,15 Met.
Atmosphärische Luft h h, vermengt mit Stickstoff und mit schwefelichter Säure	0,43 „
Auf der Sohle ausgedehntes Erz	0,12 „
	0,70 Met.

Diese beiden gasigen Schichten bieten Erscheinungen der Bewegung und der Veränderung der Dicke dar, die der Aufmerksamkeit sehr werth und die sich in der obern Schicht durch die Lage und die Undulationen der Flamme und in der untern Gasschicht durch die Bewegung der schwefelsauren Dämpfe, kundgeben. Die Flamme f, deren Stellung man sehr leicht nachweisen kann, wenn man das Innere der Oefen durch die kleinen Oeffnungen in den 4 Thüren beobachtet, senkt sich nach und nach von dem obern Rande der Feuerbrücke o bis zu der Sohle, in der Nähe der Füchse p p, durch welche die Gase abziehen. Diese stufenweise Senkung der Flamme hat mehre Ursachen: die dem Gewölbe ertheilte Neigung; das Zuströmen der verbrannten Gase i, welche das Volum des Gases über der Flamme fortwährend verstärken; endlich in der Nähe der Füchse p, der Wirbel, welche durch die plötzliche Verengung dieser beiden Oeffnungen veranlaßt worden ist, indem durch dieselben allein die Gase, welche sich vorher in einem viel weitern Raume bewegten, entweichen können. Man sieht sehr deutlich, daß die Füchse nur die verbrannten Gase i i, oder das Gemenge g g derselben mit den Resten der brennbaren Gase e e abführen; denn die geringe, noch vorhandene Flamme, die sich nun hin und wieder an diesem Ende des Ofens zeigt, wird auf die Herdsohle zurückgedrückt. Die obere Gasschicht nimmt daher an diesem Theile die ganze Höhe des Apparats ein. (Siehe Fig. 2. Taf. I.)

Die Grenzen der untern Gasschicht sind dadurch schon an und für sich bestimmt: ihre, an der Brücke 0,46 Met. betragende Höhe vermindert sich am entgegengesetzten Ende, hauptsächlich an den Füchsen auf nichts.

Schon weiter oben habe ich die geringe horizontale Geschwindigkeit des obern Gases berechnet; die dem Auge sichtbaren Undulationen der Flamme liefern den Beweis von der Richtigkeit dieser Rechnung; sie zeigen auch, daß an den Oeffnungen der Füchse diese Geschwindigkeit sich etwa verfünffacht.

An dem untern Gase ist die Bewegung noch weniger sichtbar: die weißen

schwefelsauren Dämpfe steigen nur außerordentlich langsam in die Höhe, ohne irgend eine horizontale Bewegung zu zeigen. Wenn sich aber diese Dämpfe der Flammenschicht nähern, so biegen sie sich nach der Seite des Ausströmens der Gase und nehmen daher die horizontale Bewegung der obern Gasschicht an. Beobachtet man die sich in den Rähmen der Arbeitsthüren darbietenden Erscheinungen genauer, so findet man, daß Strahlen kalter Luft theils durch die Fugen zwischen den Rähmen und Thürplatten, und theils durch die Oeffnungen mitten in den letztern, mit Heftigkeit eindringen. Die Bewegung dieser Luft wird vollkommen durch das Zurückdrängen gezeigt, welches die schwefllichten Dämpfe erleiden. Man erkennt sehr deutlich, daß die frische Luft, welche weit schwerer ist, als das schon in den Ofen geführte Gas, sogleich auf die Sohle sinkt; sie strömt unaufhörlich auf das daselbst ausgebreitete Erz und ersetzt dort die, welche die Röstung theilweis verändert hat. Der Luftstrom gelangt, wie man sieht, unter den besten Bedingungen in den Ofen; er kühlt die bereits erhitzten Gase in dem obern und mittlern Theile des Ofens nicht ab, sondern er fällt direct auf die Erzschicht, für welche die Berührung mit einem kalten Körper nur günstig sein kann, da die geschwefelten Erze die Tendenz haben, sich durch die Röstung zu sehr zu erhitzen; er liefert alsdann reinen Sauerstoff an die Ränder des Ofens, wo derselbe am nothwendigsten ist.

Sehr beschränkte Luftmenge, die in den Ofen zugelassen wird. — Die in den untern Theil des Ofens strömende Luftmenge habe ich auf folgende Weise zu bestimmen gesucht. Es wurde ein Quecksilber-Manometer an einer eisernen Röhre angebracht, die mit dem Innern des Ofens in Verbindung stand, wodurch man zu dem Beweise gelangte, daß die Elasticität der äußern Luft fast ein Millimeter stärker war, als die der im Innern des Ofens. Bei den damals, als die Beobachtung angestellt wurde, herrschenden atmosphärischen Zuständen gab der größere äußere Druck der, durch die Oeffnungen in den Ofenwänden eindringenden äußern Luft, eine Geschwindigkeit von 14 Metern in der Secunde. Der Querschnitt der Oeffnungen, durch welche äußere Luft in den Ofen drang, war annähernd:

Runde Löcher, im Mittel 0,020 Met. weit, in der Mitte der Thüren	13 Quadr.-Cent.
Ritzen von 0,0005 M. durchschnittlicher Weite, rings um die Thüren existirend	26 „ „
Gewöhnliche Oeffnung an der Seite der Feuerbrücke, die mit Ziegelsteinen theilweis zugesetzt ist	48 „ „
	87 Quadr.-Cent.

Die durch diese Oeffnungen in der Secunde eindringende Luftmenge mußte demnach betragen 14 Met. $\times$ 0,0087 Q. M. $\times$ 0,80 = 0,097 Kub. Met. Wenn man andererseits die Menge des Sauerstoffs berechnet, der zu den chemischen Reactionen erforderlich ist, die in dem Ofen während des Röstens einer Charge stattfinden, so erhält man zusammen 1,354 Kilogr., nämlich:

	Kil.	Kil.
Sauerstoff zur Verbrennung des Gases von der Destillation	82 $\times$ 3,66	= 300
Sauerstoff zur Verbrennung des Kohlenoxydgases	692 $\times$ 0,511	= 395
Sauerstoff zum Erzrösten (Abschn. XIII., Tab. I.)	3450 $\times$ 1,016 $\times$ 0,188	= 659
		1354

Der Sauerstoffverbrauch in der Secunde beträgt $\frac{1354}{42,300} = 0,032$ Kil.; die äquivalente Luftmenge beträgt 0,139 Kil. und endlich deren Volum 0,107 Kubikm. Die wirklich durch die Oeffnungen des Ofens einströmende Luft würde daher etwas geringer sein, als die zur Erzröstung und zur vollständigen Verbrennung der Gase durchaus nothwendige Menge. Diese Beobachtungen wurden an einem Ofen gemacht, der von einem sorgsamen, zu solchen Untersuchungen fähigen Arbeiter bedient wurde, so daß sie nicht den Betrieb aller 19 ähnlichen Oefen in der Hütte absolut darzustellen vermögen. Auch sind Resultate, wie die mitgetheilten, nur innerhalb der Grenzen von 10 Procent, mehr oder weniger, als genau und in dem Calcül und den Beobachtungen übereinstimmend, anzusehen. Während des Umrührens der Erze auf dem Herde, wozu im Ganzen eine Stunde erforderlich ist, d. h. $\frac{1}{12}$ von einem ganzen Rösten, bringt übrigens durch die geöffneten Thüren weit mehr Luft in den Ofen. Nie aber darf daran gezweifelt werden, daß das Einströmen einer nur geringen Quantität Luft einen der Hauptpuncte der Theorie des Röstens bildet.

Die Anwendung einer Luftmenge, die kaum der Sauerstoffmenge entspricht, die zur Oxydation der Erze und zur Verbrennung der brennbaren Gase hinreicht, schien mir anfänglich, als ich meine hüttenmännischen Beobachtungen erst begann, unvereinbar mit den anerkannten theoretischen Bedingungen des Röstens. Ich fand es daher für zweckmäßig, in dieser Beziehung die Meinung der Arbeiter zu hören: die intelligentesten derselben stimmten mit der Thatsache überein, daß die Röstung um so vollkommener und wohlfeiler, je beschränkter die hinzuströmende Luft sein. Ihre Praxis unterstützt in jeder Beziehung dieses Prinzip; so ist es häufig der Fall, daß die zum Verschließen des Ofens angewendeten Platten, durch Abnutzung oder Verziehen, nicht gut passen; auch geben sich die Arbeiter oft nicht die Mühe, den untern Anschlag der Arbeitsthüren zu reinigen. Aus diesen verschiedenen Gründen ist der Verschluß der Thüren gewöhnlich minder vollständig, als es an dem Ofen der Fall war, an welchem ich die vorhergehenden Beobachtungen angestellt habe. In diesem Falle verschließen aber die Arbeiter das Register v mehr, als es bei dem erwähnten, sich im besten Betriebe befindenden Ofen geschah. Von den 19 Oefen, die in der Hütte im Betriebe waren, hatte man an 13 das Register v fest verschlossen und mit Lehm verstrichen.

Da ich gehört hatte, daß in einer von den Hütten des Landes ein patentirter Röstofen vorhanden sei, in welchem man durch Einführung eines Stroms atmosphärischer Luft, durch eine länglich viereckige Oeffnung von 0,15 Meter Höhe, welche die ganze senkrechte Wand der Feuerbrücke einnahm, eine bedeutende Ersparung erlangt habe; so gab ich mir große Mühe, um in einer Zutritt zu erlangen, die unter abweichenden Verhältnissen von den übrigen Hütten des Landes betrieben wurde. Der Ofen gestattete dem Einströmen der Luft einen 26 Mal größern Querschnitt als der vorhergehend beschriebene, allein meine Beobachtungen an demselben gaben mir eine neue Bestätigung der allgemeinen Praxis des Landes; denn ich fand, daß ohne Wissen des Directors die Arbeiter dahin geführt worden waren, die nach der Brücke zu gehenden Züge fast gänzlich zu verschließen, so daß also der angeblich neue Ofen mit innerer Luftfläche genau unter denselben Verhältnissen betrieben wurde, als die andern Waleser Oefen.

Umgekehrte Verbrennung, welche einer geringen zugeführten Luft-

menge entspricht. — Da die Thatsache von der beschränkten Zuführung von Luft in den Waleser Oefen erwiesen ist, so bleibt nach nachzuweisen, wie die Erscheinungen der Röstung und der Verbrennung mit einer Sauerstoffmenge bewirkt werden können, welche dem theoretischen Aequivalent zu diesen beiden Reaktionen kaum gleich kommt. Die Erklärung dieser Thatsache finde ich in dem ganz besondern Verhalten der Flammen in den Waleser Oefen, welches ich umgekehrte Verbrennung (combustion renversée) zu nennen vorschlage.

Bei der gewöhnlichen Beschaffenheit der Flamme (gewöhnliche Herde, Beleuchtungsapparate ꝛc.), findet die lebhafteste Verbrennung hauptsächlich an dem senkrechten Umfange und an dem obern Theil der brennbaren Gase statt. Da die verbrannten Gase stets von dem brennbaren getrennt bleiben, und da sie sich unaufhörlich rings um die Flamme erheben, so nehmen sie einen Ueberschuß atmosphärischer Luft mit sich, und ohne deren Einwirkung kann man solche Verbrennung gar nicht denken. Bei der umgekehrten Verbrennung ist es anders. Die Flamme und das brennbare Gas haben stets eine unverhältnißmäßig höhere Temperatur als die untere Luftschicht, und diese letztere kann daher nicht über die Flamme gelangen, wenn sie nicht vorher auf das brennbare Gas gewirkt hat. Im Gegentheil, sobald in Folge dieser Reaktion der Sauerstoff sich in Wasser und in Kohlensäure verwandelt hat, sobald die verbrannten Gase die von der Verbrennung herrührende Wärme absorbirt und eine weit höhere Temperatur erreicht haben, als die der brennbaren Gase ist, so erheben sie sich sogleich, und es bewegen sich neue Theilchen von brennbarem Gase nach der untern Luft, um die Flamme zu speisen. Bei einem solchen Zustand der Dinge, kann kein Theilchen von freiem Sauerstoff in die obere Gasschicht dringen, welche, der Erfahrung nach, von der Esse angezogen wird. Das aus dem Apparat ausströmende Gas muß daher noch Theilchen von brennbarem Gase enthalten, welche das Gemenge der verbrannten Gase vor der Berührung der untern Luft, während des Einströmens in das Innere des Ofens, geschützt hat; allein es darf dort keine Spur von freiem Sauerstoff existiren. Das in den Ofen eingeführte Sauerstoffgas repräsentirt daher nicht ganz das chemische Aequivalent der zersetzten Schwefelmetalle und der im Ofen verbrannten Gase.

Nachtheile einer bedeutenden Luftzuführung. — Um durch Erfahrung das Prinzip einer sehr beschränkten Luftzuführung und die Richtigkeit der weiter oben aus einandergesetzten Betrachtungen über die Beschaffenheit der verschiedenen Gasschichten in den Waleser Oefen controliren zu können, habe ich den Einfluß untersucht, den die Zuführung einer großen Luftmenge ausübt. Wenn man das Seitenregister gänzlich öffnet und auch die anliegende Arbeitsthür während zweier, auf einander folgender Umrührungen des Erzes offen erhält, so daß die Luft durch einen 18 Mal größern Querschnitt einströmt, als es gewöhnlich der Fall ist; so entstehen daraus folgende Abänderungen gegen einen normalen Gang. In der Nähe der Oeffnungen wird das Erz ganz kalt und die Röstung hört auf, während auf einem beschränkten Raum eine zu starke Verbrennung der Schwefelmetalle ein Zusammenbacken der Substanzen veranlaßt. Der Strom von brennbarem Gase, so wie die Menge des in dem Feuerungsraum in Gas verwandelten Brennmaterials, vermindern sich beträchtlich. Der Stoß der kalten Luft veranlaßt in der obern Gasmasse sehr deutliche Wirbel und stört die Regelmäßigkeit der Verbrennung. Die Temperatur des Ofens im Allgemeinen nimmt ab und die Flamme erreicht kaum seine Mitte; über diesen Punct hinaus scheinen sich die Schwefelmetalle nicht mehr zu zer-

setzen und es wird bald augenscheinlich, daß unter solchen Umständen die vollständige und gleichförmige Röstung eines Postens unmöglich sein würde.

Nutzen der brennbaren Gase. — Die durch Verbrennung in Berührung der beiden Gasschichten hervorgebrachten verbrannten Gase spielen selbst eine nützliche Rolle in dem Ofen. Diese Gase, welche die ganze Wärmemenge, welche die Flamme nicht sogleich durch die Strahlung zerstreut, absorbiren, haben im Augenblick ihrer Bildung eine höhere Temperatur, als die obern brennbaren Gase. Sie erheben sich demnach rasch mitten durch diese Gase und strömen gegen das Gewölbe, dem sie zum Theil den Ueberschuß ihrer Temperatur abtreten. Die in diesem Gewölbe angehäufte Wärme trägt ganz besonders dazu bei, die Lebhaftigkeit der Reaktion zwischen den beiden Gasen zu erhalten, von denen das eine mit vielem Stickstoff und verbrannten Gasen vermengt, nur ein mittelmäßiges Brennmaterial ist, und das andere, eine große Menge schweflichter Säure enthaltend, mittelmäßig brennbar. Die Wärmemasse ist ein unentbehrlicher Regulator für die Wirkungen der Waleser Röstöfen, und die Erfahrung beweist, daß die Röstung nur sehr unvollständig in einem neuen Ofen bewirkt werden kann, so lange das Gewölbe keine zweckmäßige Temperatur erreicht hat. Man begreift, daß die Dicke der Schicht verbrannter Gase i i (Taf. I., Fig. 2.), welche zwischen dem Gewölbe und dem brennbaren Gase befindlich ist, nach und nach von der Brücke bis zu den Füchsen zunimmt. Dieser Umstand, indem dadurch nach und nach die Flamme der Sohle genähert wird, hält der Verminderung der Heizkraft, welche von der stufenweisen Verminderung des brennbaren Gases herrührt, das Gegengewicht. Im Verein mit den schon angegebenen Ursachen, trägt der genannte Umstand dazu bei, jede Verbindung zwischen den Füchsen p p, welche die Gase zur Esse führen, und der Schicht der oxydirten Gase h, die alle übrigen Theile der Sohle bedeckt, zu unterbrechen. Sie verhindert daher, daß der Zug der Esse nicht dazu benutzt wird, dem Ofen ein Gas zu entziehen, das in demselben noch nicht alle von ihm zu erwartende Wirkungen entwickelt hat.

Einfachheit und Wirksamkeit der bei den Röstöfen angewendten Mittel. — Kurz, die Waleser Röstöfen zeigen mit Hülfe von sehr einfachen Mitteln und durch die Bemühungen, wie man sie von gewöhnlichen Arbeitern erwarten darf, Erscheinungen, die a priori ersonnen, höchst wahrscheinlich für ganz unausführbar und nicht anwendbar in den Gewerben erachtet worden wären.

Ein staubartiges anthracitisches Brennmaterial, welches zur Speisung der gewöhnlichen Rosten nicht anwendbar ist, wird mit Hülfe schnell einströmender und sehr heißer Luftstrahlen, ohne irgend einen Apparat, oder irgend eine besondere Triebkraft, ja selbst ohne Hülfe von Roststäben, die bei den gewöhnlichen Flammöfen so viel Guß- oder Stabeisen erfordern, in brennbares Gas verwandelt. Dasselbe strömt mit der ganzen hohen Temperatur, die der Verwandlung des Anthracits in Gas eigenthümlich ist, in den Herd des Ofens und bildet daselbst eine Art von horizontalem Behälter über der Erzschicht, welche geröstet werden soll. Da es an seiner untern Fläche, durch eine Art von verkehrter oder umgekehrter Verbrennung, in Berührung mit der atmosphärischen Luft, welche zu gleicher Zeit das Erz oxydirt, verbrennt, so erzeugt es die zur Röstung erforderliche gleichförmige und gemäßigte Temperatur. Jedes wirksame Gastheilchen wird nur erst dann von der Esse aufgenommen, nachdem es sich eine gehörige Zeit lang in dem Ofen aufgehalten, und daselbst die ganze Wirkung gethan hat, wodurch der atmosphärische Sauerstoff gänzlich in verbranntes Gas verwandelt wird. Was nun das brennbare Gas betrifft,

so erfolgt die ganze Verbrennung, welche mit der einströmenden, beschränkten Sauerstoffmenge vereinbar ist, in dem Ofen. Bei dem einen oder dem andern Gase sinkt die Temperatur bis zu der äußersten Gränze, bei welcher das Rösten an dem Fuchsende des Ofens aufhören würde. Die durch den Feuerungsraum eindringende Luft ist das genaue chemische Aequivalent des zu vergasenden festen Brennmaterials; wogegen die in den Ofen einströmende das Minimum von derjenigen Menge ist, deren man zu den darin erfolgenden Reaktionen bedarf. Sie erfolgt bei ihren Bewegungen dem Gange, welcher für die Wirksamkeit der Reaktionen und für die Wärmeersparung der zweckmäßigste ist. Sie gelangt rein und kalt in denjenigen Theil des Ofens, wo sie besonders oxydirend wirken muß, ein wesentlicher Zweck dieser ganzen Arbeit, bei der man eine zu rasche Erhitzung der Substanzen verhindern muß. Endlich gelangt die Luft, welche durch die Röstung nicht zersetzt ist, erst durch eine sehr langsame Bewegung stark erhitzt an den Punct, wo sie das brennbare Gas verbrennen soll. Beide Gase der Verbrennung reagiren demnach stets gegenseitig unter den günstigsten Bedingungen, d. h. nachdem beide eine hohe Temperatur erlangt hatten. Uebrigens geben die weiter unten mitgetheilten Resultate der Waleser Röstarbeit in ökonomischer Beziehung, den besten Beweis von ihrer Vorzüglichkeit. Wirklich beweisen diese Resultate, daß der Brennmaterialien-Verbrauch in diesen Oefen dreimal geringer ist. als in allen ähnlichen Flammen-Röstöfen, die auf dem Festlande angewendet werden.

Veränderungen, welche durch die Röstung in der chemischen Zusammensetzung der Erze hervorgebracht worden sind. — Die Veränderungen, welche die Röstung in der chemischen Zusammensetzung der Erze hervorbringt, können durch die vergleichende Analyse mit rohen und gerösteten Erzen nicht vollständig nachgewiesen werden, weil die Data der Analysen nicht hinreichend sind, um durch das Calcül mechanische Gemenge von mehren Stufen der Schwefelung und Oxydation wieder zusammen zu setzen. Jedoch bin ich dahin gelangt, mir eine annähernde Rechenschaft von diesen Reaktionen zu geben, indem ich nach der im Abschn. XIII. beschriebenen Methode, mehre durch die chemische Analyse und durch Beobachtungen in den Hütten erlangte Resultate erörterte. Dahin gehört besonders die Schwefelmenge, welche in den Erzen vor und nach der Röstung vorhanden ist (Abschn. XVI., 2.). Die Resultate dieser Untersuchungen sind in der Tabelle I. (Abschn. XIII.) kurz zusammengestellt; spezieller findet man sie in der folgenden Tabelle mitgetheilt:

	Materialien und Producte der Röstung.	Erze der 1. Classe, welche zu dem Schmelzen II. gelangen.		Erze der 2. Classe, welche zu dem Schmelzen V. gelangen.	
		Absolutes wöchentliches Gewicht.	Relatives Gewicht.	Absolutes wöchentliches Gewicht.	Relatives Gewicht.
	Materialien.				
	Kupferoxyd, rein u. im Gemenge.	3,2	0,004	0,2	0,008
Ungeröstete Erze.	Kupferkies	194,2	0,227	13,4	0,522
	Eisenkies $Fe Su^2$.	191,9	0,224	1,6	0,063
	Verschiedene Schwefelmetalle .	8,7	0,010	—	—
	Eisenoxyd	5,2	0,006	0,4	0,016
	Verschiedene Oxyde	2,3	0,003	—	—
	Quarz und Kieselerde . . .	294,4	0,343	5,4	0,211
	Erdige Basen	16,0	0,020	0,3	0,012
	Wasser u. Kohlensäure, verbunden.	4,2	0,005	0,2	0,008
	Atmosphärischer Sauerstoff . . .	135,0	0,158	4,1	0,160
		855,1	1,000	25,6	1,000
	Producte.				
Geröstetes Erz.	Kupferoxyd	46,2	0,054	2,7	0,105
	Kupferkies	96,0	0,112	7,6	0,297
	Eisenkies $Fe^2 Su^3$.	95,8	0,112	0,8	0,031
	Verschiedene Schwefelmetalle .	5,1	0,006	—	—
	Eisenoxyd	100,2	0,117	3,0	0,117
	Verschiedene Oxyde	5,2	0,006	—	—
	Schwefelsäure, verbunden . .	9,5	0,011	0,2	0,008
	Quarz und Kieselerde . . .	294,4	0,343	5,4	0,211
	Erdige Basen	16,0	0,020	0,3	0,012
Gasige Producte.	Schwefelichte Säure . .	182,5	0,214	5,4	0,211
	Wasser und Kohlensäure .	4,2	0,005	0,2	0,008
		855,1	1,000	25,6	1,000

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Man kann die metallurgischen Reactionen dieses Prozesses noch weit kürzer in der nachstehenden Tabelle zusammenfassen:

Vergleichung der Erzröstung.

Erze der ersten Classe.

Material.		Producte.	
Zu röstendes Erz	0,842	Geröstetes Erz	0,781
Atmosphärischer Sauerstoff .	0,158	Schwefelichte Säure . . .	0,214
		Wasser und Kohlensäure . .	0,005
	1,000		1,000

Erze der zweiten Classe.

Material.		Producte.	
Zu röstendes Erz	0,840	Geröstetes Erz	0,781
Atmosphärischer Sauerstoff .	0,160	Schwefelichte Säure . . .	0,211
		Wasser und Kohlensäure . .	0,008
	1,000		1,000

Eine Reihe von Wägungen erlaubt mir die Bestätigung, daß die Einheit des Gewichts der ungerösteten Erze durch die Röstung in den folgenden Verhältnissen vermindert wird:

Erze der ersten Classe, zum Schmelzen II bestimmt . . 0,928
Erze der zweiten Classe, zum Schmelzen V bestimmt . . 0,930
Das Ganze der gerösteten Erze 0,928

Die unmittelbare Untersuchung des Schwefelgehalts der Erze vor und nach dem Rösten gab mir das Resultat, daß die Gewichtseinheit der Substanz durch den Prozeß in nachstehenden Verhältnissen vermindert worden sei:

Erze der ersten Classe 0,481
Erze der zweiten Classe . . . 0,542
Das Ganze der gerösteten Erze . 0,483.

Beträchtliche Schwefelmengen, welche durch die Röstung verflüchtigt werden. — Das schweflichtsaure Gas bildet 21 Hunderttheile von dem Totalgewicht der festen oder flüchtigen Producte der Röstung und 25 Hunderttheile oder ein Viertel von dem Gewicht des zu röstenden Erzes. Der im Gase enthalten Schwefel bildet selbst 13 Procent von dem Gewicht der Erze. Durch die sämmtlichen Hüttenprozesse werden 56 Proc. schweflichte Säure erzeugt und folglich 23 Proc. von dem Gewicht der Erze als Schwefel vertrieben. Da das Gesammtgewicht der in Südwales jährlich verschmolzenen Kupfererze etwa 200,000 Tonnen beträgt, so verwandeln sich etwa 46,000 Tonnen Schwefel in Gas, welches etwa 92,000 Tonnen schweflichte Säure bildet. Die in der Umgegend von Swansea liegenden Hütten, wo fast ⅞ von den in Wales eingeführten Erzen verschmolzen werden, lassen daher täglich 188 Tonnen odor 65,900 Kubikmet. schweflichte Säure in die Atmosphäre strömen. Dieses Gas übt einen sehr nachtheiligen Einfluß auf die Atmosphäre in einem Rayon von mehren Kilometern um die Hütten aus, und das Ansehn des Landes beweis't zur Genüge, daß unter diesem Einfluß die Productivkraft des Bodens bedeutend vermindert wird, besonders in der Richtung der herrschenden Winde. Für die menschliche Respiration sind diese Erhalationen der Hütten sehr unangenehm, wo nicht geradezu schädlich. Eine so unangenehme Nachbarschaft kann nur für eine Bevölkerung erträglich sein, die vom Handel und der Zugutemachung der Kupfererze ihren Lebensunterhalt und ihre Reichthümer zieht. Man hat sich fortwährend, jedoch bis jetzt ohne Erfolg, bemüht, die Nachbarschaft der Hütten von solchen Unannehmlichkeiten und Nachtheilen zu befreien. Es ist sehr zu bedauern, daß man in einer Substanz, deren Handelswerth sich auf wenigstens 5 Millionen Franken erhebt, bis jetzt nur eine Quelle des Nachtheils gefunden hat.

Eigenthümliche Kennzeichen der Dämpfe, welche sich bei der Röstung der Schwefelmetalle entwickeln. — Es muß hier eine wichtige Bemerkung Platz finden. Die aus den Waleser Kupferhütten aufsteigenden Gase bilden um dieselben eine Art weißes Gewölk, so dicht, daß die Luft dadurch gänzlich ihre Undurchsichtigkeit verliert. Ganze Tage lang, wenn der Wind die aus den Essen aufsteigenden Gase zur Erde trieb, konnte ich in den sehr gut erleuchteten Hüttengebäuden höchstens 4 Meter weit sehen. Diese Wolken sind außerordentlich dicht und zuweilen noch sichtbar, wenn sie der Wind 6 Kilometer weit von der Hütte weggeführt hat. Diese Undurchsichtigkeit des Hüttenrauchs kann nicht, wie ich oft habe sagen hören, der schweflichten Säure zugeschrieben werden, denn dieses Gas ist durchaus farblos und durchsichtig, sowohl in trockner, als auch in feuchter Luft. Die Durchsichtigkeit der Atmosphäre, so wie man es durch directe

Erfahrung leicht bestätigen kann, wird durch die Verbrennung großer Massen von Schwefel durchaus nicht verändert und niemals habe ich bemerkt, daß sie durch Dämpfe, die sehr viel schweflichte Säure enthalten, wie sie sich aus gewissen Fabriken, in denen man Schwefel aus sogenanntem gediegenen Schwefel gewinnt, entwickeln, getrübt wird. Die Undurchsichtigkeit und die weiße Farbe der entwickelten Dämpfe sind dagegen in allen Hütten, die ich zu sehen Gelegenheit hatte, das unterscheidende Merkmal der durch Röstung der Schwefelmetalle und besonders des Eisen- und des Kupferkieses entwickelten Gase. Meines Erachtens rührt dies von dem Vorhandensein einer bedeutenden Menge von Schwefelsäure in den Rostgasen her. Der herrschende Geschmack der Gase in den Waleser Hütten ist durchaus nicht der der schweflichten Säure; es ist ganz derselbe jener dicken Dämpfe, welche in den Laboratorien, wo Schwefelsäure verdampft und wo sich schwefelsaure Salze zersetzen, die Durchsichtigkeit der Luft trüben. Uebrigens hat mir ein directer Versuch gezeigt, daß Schwefelsäure in den Dämpfen enthalten sei, welche sich während der ganzen Dauer des Prozesses aus den der Röstung unterworfenen Erzen entwickeln (Abschn. XVI., 3.).

Die Undurchsichtigkeit der Dämpfe bei der Röstarbeit rührt ausschließlich von der Schwefelsäure her; Theorie der Röstarbeit. — Die Undurchsichtigkeit der Schwefeldämpfe beim Rösten und folglich das Verhältniß der darin enthaltenen Schwefelsäure, sind nie größer als in dem Augenblick, in welchem der Röstposten aus dem Ofen gezogen wird. Ich folgerte daraus zuerst, daß das Verhältniß der schwefelsauren Salze in den gerösteten Erzen sehr bedeutend sein müsse; allein die Analyse dieser Erze hat diese Voraussetzung nicht bestätigt (Abschnitt XVI., 4.). Mehre Erze zeigten keine Spuren von Schwefelsäure; in keinem derselben betrug das Verhältniß derselben mehr als 0,022; das mittlere Verhältniß von 0,014, welches ich in der Tabelle I. des Abschn. XIII. angenommen habe, ist wahrscheinlich mehr über als unter dem mittleren Gehalt. Endlich zeigt die Analyse auch, daß die Schwefelsäure, die von den gerösteten Erzen zurückgehalten wird, in denselben mehr mit der Kalk- und der Bittererde, als mit den metallischen Basen verbunden ist.

Aus diesen Thatsachen folgt, daß bei der Waleser Röstarbeit schwefelsaures Eisen und Kupfer nicht vorhanden sein können. Auch habe ich ferner daraus gefolgert, daß bei allen Röstungen von geschwefelten Kupfererzen mit eisenkiesiger Gangart, die Schwefelsäure-Entwickelung ein eben so gewöhnlicher und charakteristischer Umstand ist, als die der schweflichten Säure [1]).

---

[1]) Die Theorie der Röstung des Schwefeleisens und des Schwefelkupfers muß von folgenden Puncten ausgehen: 1. Die directe Reaction des Sauerstoffs auf den Schwefel erzeugt nur durchsichtige schweflichte Säure. 2. Die Schwefelsäure entwickelt sich fortwährend aus den Schwefelmetallen, die zur Röstung kommen, obgleich in den zu röstenden Erzen stets nur unbedeutende Mengen von schwefelsaurem Eisen und Kupfer existiren 3. Ein Erz endlich, welches nur theilweis geröstet und auf eine sehr hohe Temperatur gebracht, ganz und gar ohne allen Gehalt von schwefelsauren Metallen, mit einem Wort in einem Zustande, in dem sich die kiesigen Erze in dem Augenblick befinden, in welchem man sie aus dem Ofen zieht, entwickelt stets, wenn es mit der äußern Luft in Berührung tritt, sehr dicke schwefelsaure Dämpfe.

Ich erkläre die unaufhörliche Entwickelung der Schwefelsäure mit der Bemerkung, daß das Erz außerordentlich ungleichen Temperatur-Einflüssen ausgesetzt ist, folgendermaßen: Einestheils suchen die wiederholten Umrührungen des Erzes, die wiederholt stattfindenden Oeffnungen der Thüren, das mehr oder weniger regelmäßige Herbeiströmen der kalten Luft, die Erzstücke abzukühlen. Auf der andern Seite sucht die mit nicht weniger Unterbrechung auf der Oberfläche derselben Erzstücke entstehende Verbrennung, eine sehr hohe Temperatur zu entwickeln. Mitten unter diesen

Beaufsichtigung der Röstung. — So schwierig nun auch die Röstung sein mag, so sind es die andern Hüttenprozesse doch noch mehr, und der Mangel an Geschicklichkeit und Genauigkeit bei den Arbeitern, hat noch weit größere Nachtheile. Die Röstung muß jungen Leuten anvertraut werden, welche die Reihe der Hüttenarbeiten beginnen, und da man von einem solchen Arbeiter-Personal Vernachlässigungen zu fürchten hat, welche störend auf die nachfolgenden Schmelzarbeiten einwirken, so unterwirft man es einer möglichst genauen Beaufsichtigung. Dieselbe wird alten erfahrenen Arbeitern anvertraut, die sich häufig bei Tage und bei Nacht zu den Röstöfen begeben. Ein einziger, auf die Flamme geworfener Blick ist für den Aufseher hinreichend, um den Gang der Arbeit, eine Unregelmäßigkeit in dem Klinker und in dem Zustande des ganzen Feuerungsraums zu erkennen. Die von dem Erz und den Ofenwänden erlangte Temperatur zeigt ihm auch, da die Röstarbeit stets zu einer bestimmten Stunde beginnt, ob sie zu rasch oder zu langsam geführt worden ist. Das Zusammenbacken des Erzes giebt ihm einen Beweis von der nicht gehörigen Regulirung der in den Ofen strömenden Luft, oder von den nicht zu rechter Zeit bewirkten Umrührungen ꝛc.

Diese Leichtigkeit der Controle ist einer der Hauptvortheile der Waleser Röstarbeit, indem selbst diejenigen Arbeiter, welche kein gehöriges Pflichtgefühl haben, leicht dazu angehalten werden können.

In der Rösthütte können nicht füglich kupferhaltige Substanzen verloren gehen; die in geringer Menge in die Füchse gelangenden Erztheile werden in den horizontalen Abtheilungen g der Füchse (Fig. 2 und 5, Taf. I), zwischen den ansteigenden Abtheilungen und der Esse gesammelt; die bei dem Transport der Erze zu den Oefen verloren gehenden Stückchen werden zusammengekehrt und in die Magazine gebracht. Da endlich die Bedienung der Feuerungsräume außerhalb der Hüttengebäude bewerkstelligt wird (siehe Taf. III, Fig. 4), so kann der Klinker, die einzige Substanz, die aus den Hütten fortgeschafft wird, in keinem Fall mit ungerösteten oder gerösteten Erzen vermengt werden, indem dieselben die Hütten nie verlassen.

Erforderliche Anzahl der Röstöfen. — Der Röstofen-Betrieb wird stets den Sonntag unterbrochen; man röstet wöchentlich in jedem Ofen 12 Posten $= 12 \times 3{,}45$ Tonnen $= 41{,}4$ Tonnen. Es sind daher im Durchschnitt $\frac{741{,}6}{41{,}4} = 17{,}9$ im Betriebe stehende Oefen erforderlich, um wöchentlich 741,6 Tonnen Erze zu rösten. In einer Hütte von solcher Bedeutung wechselt die Anzahl der im Betriebe stehenden Oefen von 16 bis 19, da manche Oefen einer Reparatur bedürfen können und da es sich hauptsächlich nach der Menge

---

mannichfachen Abwechselungen, veranlaßt das plötzliche Hinzuströmen von kalter Luft zu der Oberfläche eines schon erhitzten Erzbruchstücks, nothwendig drei auf einander folgende und fast augenblickliche Wirkungen: 1. Eine Verminderung der Temperatur an der Oberfläche; 2. eine erste Reaction bei einer rasch zunehmenden Temperatur, die aber noch nicht hinreichend ist, um die schwefelsauren Eisen- und Kupfersalze zu zersetzen, die bei dieser mittlern Temperatur, unter dem vereinigten Einflusse der schweflichten Säure, des überschüssigen Sauerstoffes und der Metalloxyde erzeugt worden sind. 3. Endlich die Fortsetzung derselben Reaction und die Erzeugung einer hinlänglich hohen Temperatur, um die sich bildenden schwefelsauren Salze unmittelbar zersetzen zu können.

Die Undurchsichtigkeit der Dämpfe rührt aller Wahrscheinlichkeit nach von der gegenseitigen Präzipitation zweier durchsichtiger Gase, der Schwefelsäure und der atmosphärischen Wasserdämpfe, her.

der vorhandenen ungerösteten Erze richtet. Da Reparaturen an den Röstöfen nicht häufig sind, so kann man mit einer Anzahl von 19 Oefen recht gut 18 im Betriebe haben. Bei den Schmelzöfen ist die Differenz zwischen den vorhandenen und den im Betriebe stehenden Oefen weit bedeutender, wie wir auch weiter unten näher sehen werden, da bei denselben weit mehr Ursachen zu Beschädigungen vorhanden sind.

Wenn wegen Mangel an Erz die Röstarbeit eines Ofens einige Tage unterbrochen wird, so läßt man den Rost mit Brennmaterial angefüllt, vermindert den Zug, indem man die Füchse theilweise mit Ziegelsteinen aussetzt und die Thür etwas offen läßt. Von Zeit zu Zeit befördert man auf eine kurze Zeit den Zug, um den Ofen nicht abzukühlen, und erhält auch den Feuerungsraum stets voll Brennmaterial. Man braucht daher nur den Zug vollständig wieder herzustellen, um einen solchen Ofen nach einigen Stunden wiederum in solchen Zustand zu versetzen, daß er wiederum einen Röstposten aufnehmen kann.

Reparaturen der Oefen; Zeiträume, in denen sie in und außer Betrieb sind. — Der Feuerungsraum ist derjenige Theil der Oefen, welcher am leichtesten schadhaft wird; etwa alle 18 Monat muß man einen Röstofen außer Betrieb setzen, um an demselben die nöthigen Reparaturen vornehmen zu können. Man führt die vier senkrechten Mauern, welche mit dem Brennmaterial in unmittelbarer Berührung stehen, neu auf, so wie auch denjenigen Theil des Gewölbes, welcher diese beiden Theile des Ofens bedeckt. Die Dauer aller übrigen Theile ist bei den verschiedenen Oefen sehr verschieden. Als durchschnittliches Erfahrungsresultat kann man annehmen, daß ein Röstofen alle neun Jahre gänzlich neu gebaut werden muß. Das ganze Jahr ist für jeden Ofen in Beziehung auf Betriebs- und Ruhetage folgendermaßer vertheilt:

Betriebstage		294
Tage, an denen ein Ofen außer Betrieb ist:		
Sonn- und Festtage	56	
Reparaturen	7	71
Reserve mit fortgehender Feuerung	5	
Tage, an denen die Oefen kalt liegen	3	
		365

Kosten für das Rösten von einer Tonne Erz. — Das Bemerkenswertheste von allen Haushaltsresultaten ist der geringe Brennmaterialien-Verbrauch. Bei einem guten Betriebe verbrennt man nur die geringe Menge Brennmaterial von 12 Procent von dem Gewicht der ungerösteten Erze. Meines Wissens giebt es keine andere Art von Flammen-Röstöfen, in denen ein solches Resultat in Beziehung auf Brennmaterialien-Verbrauch erlangt worden wäre [1]).

---

[1]) Mehre alte Hüttenleute, von denen man mir gesagt hatte, daß sie die Geschichte der Waleser Kupferhütten am besten kennten, gaben mir die Versicherung, daß die Klinkerrosten schon im vorigen Jahrhundert bekannt gewesen seien. Jedoch sagt eine 1823 erschienene Beschreibung der Waleser Kupferhüttenprozesse von Herrn J. H. Vivian nichts von der Benutzung des Anthracits bei der Röstung Die im Jahre 1825 von den Herren Dufrenoy und de Beaumont (Ann. d. Mines, 1re Sér., Tom. XI. und Karstens Archiv, 1. Reihe) und 1834 von Herrn de Billy (Ann. d. Mines, 3. Sér., Tom. V.) bekannt gemachten Abbildungen geben Roste zur Verbrennung gewöhnlicher Steinkohlen an. Es giebt dies einen Beweis, daß zu jener Zeit die mit Anthracit gefeuerten Oefen noch nicht in allgemeiner Anwendung standen. Herr de Billy giebt übrigens expreß an, daß die Röstöfen im Jahre 1834 0,50 Tonnen Steinkohlen auf die Tonne zu röstendes Erz verbrauchten. Dies beweis't

Die nachstehende Tabelle giebt die Kosten an, welche 1 Tonne Kupfererz bei der Röstung veranlaßt hat:

Arbeitslöhne und Materialien.	Tage.	Tagelöhne.	Ganze Ausgabe
Arbeitslöhne.		Schilling.	Schilling.
Förderleute. — Transport des rohen Erzes zum Fuß der geneigten Ebene	0,046	1,75	0,081
Dieselben. — Transport des Erzes vom obern Ende der geneigten Ebene	0,046	1,83	0,084
Maschinenwärter, Heizer. — Wartung der Dampfmaschine	0,007	4,00	0,028
Röstarbeiter. — Erzröstung und Nebenarbeiten	0,168	2,17	0,365
Dieselben. — Transport des gerösteten Erzes	0,069	2,17	0,150
Hülfsarbeiter. — Transport des gerösteten Erze	0,024	1,50	0,036
Beaufsichtigung der Arbeit	0,016	3,50	0,056
	0,376	2,13	0,800
Materialien.	Tonnen.	Kosten d. Tonne	
Brennmaterial zur eigentlichen Röstung .	0,121	4,69	0,567
Desgl. zu den Nebenarbeiten	0,010	4,69	0,047
Desgl. zur Dampfmaschine	0,002	6,00	0,012
	0,133	»	0,626
Feuerfeste Ziegelsteine	0,036	22,00	0,079
Unterhalt des Inventars: Dampfmaschine, geneigte Ebene, Karren, Krücken . . .	»	»	0,047
Summa der Kosten	. . . . .	. . . . .	1,552

Die Tabelle I. im dreizehnten Abschnitt wiederholt kurz die sämmtlichen metallurgischen Reactionen, die sich auf die Erzröstung beziehen; es schien mir daher überflüssig, hier näher davon zu reden.

deutlich die große Brennmaterial-Ersparung, die von den Waleser Hüttenleuten ersonnen worden ist, und rechtfertigt es, daß hier so speziell von diesen merkwürdigen Feuerungs-Einrichtungen geredet wird.

Indem wir hier von den Autoren reden, die von den Waleser Kupferhüttenprozessen gehandelt haben, muß ich bemerken, daß Herr J. H. Vivian, einer der ersten dortigen Hüttenbesitzer, den Anfang dazu machte. Ehemaliger Zögling der Freiberger Bergakademie, hat er dort nicht allein wissenschaftliche Kenntnisse, sondern auch die wohlwollenden Gesinnungen gegen fremde gelehrte Hüttenleute geschöpft.

IV. Zweiter Prozeß.

Schmelzen auf Bronze-Stein (matte bronze) der ungerösteten und gerösteten Erze.

Zweck des Prozesses. — Dieser Prozeß, der gewissermaßen ein Fundamentalprozeß ist, hat den Zweck, das Kupfer von den erdigen Gangarten und von einem Theil des in den armen gerösteten Erzen in Menge vorhandenen Eisenoxyds abzuscheiden. Zu dem Ende werden alle in der Beschickung vorhandenen Substanzen mittelst eines Schmelzens in sehr hoher Temperatur in drei Producte getheilt, welche die Heftigkeit des Feuers natürlich trennt. Ein Stein von mittelmäßigem Gehalt, der im Wesentlichen aus geschwefeltem Eisen und Kupfer besteht, in welchem alles Kupfer concentrirt werden soll; eine Schlacke, in welcher sich die erdigen Gangarten, das Eisenoxyd und die übrigen festen Substanzen vereinigen; endlich Gase, die wesentlich aus schweflichter Säure und aus den übrigen flüchtigen Substanzen bestehen, die sich mit Hülfe der Wärme, oder durch die gegenseitige Reaktion der mit einander dem Prozeß unterworfenen Substanzen, bilden können. Derjenige Theil des Prozesses, dessen Ausführung die meisten Schwierigkeiten hat, aber auch der, dessen guter Erfolg für das Gedeihen der Hütte und im Allgemeinen für den Volkshaushalt die größte Wichtigkeit hat, besteht darin, in dem Steine alles in der Beschickung enthaltene Kupfer zu concentriren; denn da die Schlacken als werthlos weggeworfen werden, so geht das darin noch befindliche Kupfer für die menschliche Gesellschaft gänzlich verloren. Dieser Zweck nun wird bei der Waleser Methode nicht ganz erreicht; ja man muß gestehen, daß dieselbe in Beziehung auf die Ersparung des Kupfers entschieden unter mehren Hüttenprozessen auf dem Festlande steht, die darin musterhaft sind. Die Aufmerksamkeit des Waleser Schmelzers ist besonders darauf gerichtet, so viel als thunlich durch die Vollkommenheit der Arbeit, die an dem Verfahren selbst haftenden Fehler zu verbessern. Man kann sagen, daß diese vorgefaßte Meinung, der haushälterische Rücksichten das Gegengewicht halten, Rücksichten, denen man stets das Technische unterordnen muß, diesem zweiten Prozeß einen Charakter verleihet, der zu seinen entscheidendsten gehört.

Materialien, die zu diesem Schmelzen kommen; angewendetes Brennmaterial. — Die in dies Schmelzen eingehenden kupferhaltigen Materialien sind geröstete Erze der ersten Classe und ungeröstete der dritten. Man schlägt reiche Schlacken von den Prozessen IV, V und VII zu, um deren Kupfergehalt möglichst auszuscheiden. Dieser Zuschlag von sehr leichtflüssigen Substanzen, die im Wesentlichen aus Eisensilicat bestehen, begünstigt unter andern die Schmelzung des Quarzes und des Eisenoxydes, die sehr häufig in den Erzen sind und die ohne Zwischenkunft dieses Agens schwierig auf einander reagirten. Der Beschickung oder Schicht wird unmittelbar Flußspath zugesetzt, dessen Zusammensetzung oben (im ersten Abschnitt) angegeben worden ist. Endlich kommen noch einige erdige Elemente hinzu, die den in dem II. Prozeß gebildeten Schlacken nicht nachtheilig sind, und die sich von selbst durch die Wirkung der Schmelzmaterialien auf die Sohle und die Wände des Ofens mit demselben verbinden.

Das Brennmaterial ist ein Gemenge von 0,68 staubartigem Anthracit, zu 4,50 Schill. die Tonne, und von 0,32 ebenfalls kleinen Steinkohlen, zu 6 Schill. die Tonne. Die Tonne des Gemenges kostet 4,98 Schill.

Transport der Materialien in der Hütte. — Die gerösteten Erze (1. Classe), welche den größten Theil der Schicht bilden, sind vorher (siehe

Abschn. 3) in die Magazine oder Niederlagen i i (Taf. III, Fig. 4) gebracht worden. Dieselben liegen unter der Hüttensohle, in der Linie der Röstöfen, den Schmelzöfen gegenüber und von denselben nur 8 Meter entfernt. Die ungerösteten Erze und die Zuschläge werden ebenfalls nach diesen Magazinen gebracht und zwar auf demselben Wege und durch dieselben Arbeiter, welche die zu röstenden Erze aus dem untern Hofe zu den Trichtern der Röstöfen transportiren. Statt daß sie aber den Inhalt der Karren in diese Trichter ausstürzen, geschieht es in die bezeichneten Abtheilungen der Magazine. Die Schlacken von den Prozessen IV, V und VII werden von den Schmelzern selbst, welche sie produciren, zu den Oefen II geführt. Kurz, der einzige besondere Transport, den der Prozeß II erfordert, ist der der Schicht oder Beschickung von den Magazinen der Röstöfen bis zu den Trichtern der Schmelzöfen Nr. II. Ich beschreibe diese Arbeit zu gleicher Zeit mit der eigentlichen Schmelzarbeit, weil beide durch dieselben Arbeiter ausgeführt werden.

Personal bei dem Schmelzen auf Bronze-Stein; Arbeiten; Lohn. — Bei jedem Ofen zum Prozeß Nr. II. sind zwei Arbeiter erforderlich, Leute von 25 bis 50 Jahren, die schon gute Hüttenleute sind; jeder macht eine zwölfstündige Schicht für sich allein, oder er macht drei Chargen, von denen jede etwa 4 Stunden erfordert. Der Schichtenwechsel findet Morgens und Abends Statt. Da die Tageschicht immer besser wie die Nachtschicht ist, so einigen sich die beiden Arbeiter eines Ofens stets dahin, daß der, welcher während einer Woche die erstere hat, in der nächstfolgenden des Nachts arbeitet und umgekehrt. Die Arbeit eines jeden Schmelzers ist nicht unabhängig von der seines Kameraden: der nachlässige Arbeiter, der die Temperatur des Ofens unter den zweckmäßigen Grad fallen, der die Materialien auf der Herdsohle zu unschmelzbaren Massen zusammenbacken läßt ꝛc., setzt den Arbeiter der nächsten Schicht in eine wesentliche Verlegenheit. Uebrigens ist es gewöhnlich der Fall, daß die beiden Arbeiter einander bei gewissen Schmelzposten helfen, wie weiter unten noch näher nachgewiesen werden soll. Daher sind die Interessen der beiden Arbeiter eines Ofens eng mit einander verbunden, weshalb es auch die Hüttenbeamten gestatten, daß die Kameradschaften sich nach freier Wahl vereinigen. — Die accordirten oder Gedinglöhne sind nach der Beschaffenheit der zu verschmelzenden Materialien und nach der Zusammensetzung der Schmelzschichten etwas verschieden. Gewöhnlich erhalten die Schmelzer 1,42 Sch. für eine Charge von 1,050 Tonnen, bestehend aus 1 Tonne Erz und 0,050 T. Flußspath. Muß außerdem noch Fluß zugeschlagen werden, so hat das weiter keinen Einfluß auf den Lohn, und eben so wenig ist dies bei dem Zuschlag von reichen Schlacken oder der Schlacken von dem Prozeß selbst der Fall, von denen erstere als Zuschlag und letztere deshalb wieder mit durchgeschmolzen werden, weil sie noch zu kupferhaltig sind. Ueberhaupt gilt das Lohn nur von den Erzen und hat auf die Zuschläge gar keinen Einfluß. Das tägliche Lohn, das bei diesem Gedinge erfolgt, ist nach der Anzahl der Schmelzen, welche die Arbeiter in einer Woche machen können, verschieden, uud diese Anzahl richtet sich nach der Geschicklichkeit der Schmelzer. Gewöhnlich machen die beiden bei einem Ofen 30 Schmelzen wöchentlich und verdienen dann täglich 3,79 Sch.

Ein 11 bis 15jähriger Knabe, der nur am Tage arbeitet und für die Schicht 0,85 Sch. erhält, muß das Brennmaterial herbeibringen, den Klinker wegschaffen und die Kohlen aus der Asche aushalten. Eine ähnliche Einrichtung findet bei allen Schmelzöfen Statt, und nur bei den Röstöfen besorgen die Ofenarbeiter, wie weiter oben erwähnt, die Nebenarbeiten selbst.

Endlich haben noch andere Arbeiter die Function, den Stein aus den Behältern zu nehmen, in die er, aus den Oefen abgestochen, fällt und ihn zu den Röstöfen Nr. III. zu transportiren. Man nimmt dazu sehr kräftige Arbeiter, um so wenig als möglich Menschen in der Hütte zu haben, da viele nur hinderlich sein können. Gewöhnlich reicht ein Mann hin, um den Stein von acht Rohsteinöfen wegzuschaffen; er erhält für die Tonne Stein 0,33 Sch., d. h. täglich 4,38 Sch.

Leitung der Feuerung; besondere Vorrichtung des Klinkers. — Die Leitung des Feuers in den Schmelzöfen Nr. II ist wesentlich von der verschieden, welche für die Röstöfen Nr. I beschrieben worden ist. Der Feuerungsraum mit derselben Form und fast denselben Dimensionen (Taf. II, Fig. 2) hat zur Basis eine dicke Masse von Klinker b b, durch welche die Luft schnell in dünnen Strahlen e e einströmt, um zu den Kohlentheilchen zu gelangen und solche in Kohlenoxydgas zu verwandeln.

Jedoch gelangt dieses brennbare Gas im Verein mit dem, welches sich mittelst der Destillation aus dem Anthracit und der Steinkohle entwickelt, nicht unberührt unter das Herdgewölbe. Auf dem Herde selbst vermengt es sich mit einem oder mit zwei starken Strömen von atmosphärischer Luft, welche durch die Verbrennung wenig oder gar nicht verändert worden sind. Diese Ströme entstehen unter dem Einflusse des Zuges durch eine oder zwei Kanäle d d, die in dem Klinker gemacht werden und die weit größer als diejenigen sind, welche zur Vergasung der Kohle dienen. Diese weitern Kanäle dringen tiefer in das Brennmaterial vor und lassen eine bedeutende Menge Luft hinzuströmen, welche auf ihrem Wege durch die kohlige Masse nicht wesentlich verändert werden kann. Das brennbare Gas, die jedes für sich zu einer hohen Temperatur erwärmt worden sind, vermengen sich bei ihrem Eintritt in den Ofen unter dem Einfluß der schnellen Bewegung und der durch den Zug hervorgebrachten Wirbel; dadurch entsteht eine lebhafte Reaction und eine intensive Flamme. Indem die letztere den ganzen innern Raum des Ofens ausfüllt, wirkt sie zu gleicher Zeit durch den Stoß und die Strahlung, sowohl auf die zu schmelzenden Materialien als auch auf die Ofenwände. Noch in dem Fuchs l l, durch welchen alle in dem Ofen in Bewegung gesetzten Gase unten in die Esse m m geführt werden, erhält die Flamme eine sehr hohe Temperatur. Eine kleine, in der Arbeitsthür angebrachte Oeffnung gestattet dem Arbeiter mittelst des leuchtenden Glanzes, alle Umstände der Verbrennung zu beurtheilen. Für ein geübtes Auge ist dies ein eben so einfaches als unfehlbares Thermometer. Sobald sich der leuchtende Glanz vermindert, so ist dies ein Zeichen für den Schürer, daß einer von folgenden beiden Umständen sich darbietet, nämlich daß entweder der Rost zu viel festes Brennmaterial enthält, oder daß beide Arten von Gasen, die aus dem Feuerungsraum hervorgehen, nicht in den relativen Verhältnissen stehen, welche für die Erzeugung einer hohen Temperatur zweckmäßig sind.

Kennzeichen, welche zur Regulirung der Leitung des Feuers dienen. — Die erste Ursache der Störung entsteht allein durch die Nachlässigkeit der Arbeiter; man bemerkt das zu viele Brennmaterial in dem Feuerungsraum dadurch, daß sich Stärke und Temperatur der Flamme sehr wesentlich vermindern. Man hilft dem Uebel ab, indem man das nächste Schüren aufhält und daß man von der untern Seite etwas Klinker wegnimmt. Die entgegengesetzte Störung ist weit häufiger, und wird ganz natürlich dadurch veranlaßt, wenn die Schürung zu gehöriger Zeit vergessen wird. Sie zeigt sich durch die Leere auf

dem Rost und im Ofen durch die kurze Flamme, welche sehr lebhaft in der Nähe der Brücke ist, aber kaum zum Fuchs gelangt und den vordern Theil des Ofens erkalten läßt. Um in diesem Falle den Normalzustand wieder herzustellen, muß der Arbeiter drei oder viermal heftiger schüren als gewöhnlich, aber immer nur die Hälfte von der gewöhnlichen Menge aufwerfen, und zwar so, daß alle 20 Minuten geschürt wird. Denn wenn zu viel kaltes Brennmaterial auf einmal eingeschürt wird, so würde sich der Feuerraum verstopfen, die Temperatur des Ofens würde schnell sinken, die Schmelzmaterialien würden auf dem Herde erstarren und es würde alsdann viel Zeit und viel Brennmaterial kosten, um die Masse von Neuem in Fluß zu bringen.

Wenn das Schüren gehörig erfolgt ist, so zeigen sich die Nachtheile eines unrichtigen Verhältnisses der in dem Feuerungsraum erzeugten oder eingeströmten Gase ebenfalls durch untrügliche Zeichen, welche stets von einer Temperatur-Verminderung begleitet sind. Ein Ueberschuß von Luft giebt eine kurze Flamme, die ganz unzureichend ist, um das Ende des Ofens in der Nähe des Fuchses zu erhitzen. Ein Ueberschuß von brennbarem Gase zeigt sich durch eine Flamme, der es an Lebhaftigkeit fehlt, die aber in der Nähe der Arbeitsthür unter dem Einfluß eines kleinen Luftstroms, der durch eine kleine Oeffnung in derselben hereindringt, wieder kräftiger wird. In dem einen oder in dem andern Fall stellt man das Gleichgewicht leicht her, entweder, indem man die kleinen Kanäle e e, die zur Erzeugung des Kohlenoxydgases in dem ganzen Querschnitt des Feuerungsraumes dienen, etwas, oder indem man die großen Kanäle d d zur Admission der Luft, erweitert.

Die charakteristischen Erscheinungen der Temperatur in den Schmelzöfen sind, wie man sieht, von denen in den Röstöfen sehr verschieden. Sie erklären sich erstens durch die darin entwickelte lebhafte Verbrennung, welche der in allen Flammenöfen, in denen eine hohe Temperatur erzeugt wird, ähnlich oder gar gleich ist; zweitens entstehen sie dadurch, daß der Schmelzofen mit einem dreimal geringern räumlichen Inhalt, als der der Röstöfen ist, in einer gewissen Zeit fünfmal mehr brennbares Gas erhält als letzterer. Es folgt daraus, daß jede Einheit des Volums in der Zeiteinheit dem Einfluß einer funfzehn Mal bedeutendern Brennmaterialienmenge unterworfen worden ist.

Menge und Geschwindigkeit der in die Schmelzöfen eingeführten Gase. — In dem Feuerungsraum eines Schmelzofens werden in einer zwölfstündigen Schicht, zur Verarbeitung von drei Chargen, 1,677 Tonnen festes Brennmaterial verbraucht. Dieselben reagiren auf 1,635 T. Sauerstoff oder auf 7,106 T. atmosphärische Luft und erzeugen:

Brennbares Gas, durch Destillation erzeugt	0,356 T.	8,783 T.
Kohlenoxyd	2,861 „	
Stickstoff	5,471 „	
Klinker	0,095 „	

Die Menge der atmosphärischen Luft, die dem in dem Gemenge enthaltenen brennbaren Gas äquivalent ist, eine Menge, die durch den Rost herbeigeführt werden muß, um in dem Ofen die größte Wärmewirkung hervorzubringen, beträgt 12,764 T. Diese Gasmassen durchströmen nach Abzug der Zeit, in welcher der Zug aufhört, den Ofen in 11 Stunden 15 Minuten. Die verschiedenen Gase, die in der Secunde durch den Ofen strömen, haben nachstehende Gewichte und Volumina:

	Gewicht in Kilogr.	Vol. bei 0° Kubikmet.
Brennbares Gas, durch Destillation erzeugt	0,009	0,014
Kohlenoxyd	0,072	0,058
Stickstoff	0,137	0,108
Atmosphärische Luft	0,320	0,246
Summa	0,538	0,426

Da diese Gase in dem Ofen zu einer Temperatur erhoben worden sind, die wenigstens eben so hoch ist als die der Flammenöfen, in denen Roheisen zum Gießereibetrieb umgeschmolzen wird, so darf man annehmen, daß das für die gewöhnliche Temperatur berechnete Volum daselbst wenigstens versechsfacht wird. Das mittlere Volum der Gase, die in jeder Secunde in den Ofen strömen, beträgt demnach wenigstens 2,556 Kubikmeter, d. h. 20 Mal mehr als bei den Röstöfen.

Da der räumliche Inhalt des Ofens 4,6 K.=M. beträgt, so bleibt jedes Theilchen der Flamme nur 1,8 Secunde darin. Dieselben Theilchen strömen, unabhängig von den sehr bedeutenden Geschwindigkeiten, die ihnen nach verschiedenen Richtungen von den Wirbeln ertheilt worden sind, von der Brücke nach dem Fuchs, mit der sehr gemäßigten mittlern Geschwindigkeit von 2,20 Met. in der Secunde.

Vortheilhafte Einrichtung der Schmelzöfen. — Alle Theile des Schmelzofens (Taf. II, Fig. 1 bis 5) sind vollkommen für den Zweck geeignet, den man damit erfüllen will. Man verwandelt darin eine vier= bis fünffach größere Brennmaterialienmenge in derselben Zeit in Gas, als in den Röstöfen, einerseits, indem man den Querschnitt des Feuerungsraums in dem Verhältniß von 100 zu 175 vergrößert, andererseits indem man den in den Ofen strömenden Gasen eine doppelte oder dreifache Geschwindigkeit von derjenigen ertheilt, die in den Röstöfen herrscht. Man wendet zu dem Ende eine besondere Esse m m von großen Dimensionen an, in welche die Gase mit einer noch sehr hohen Temperatur einströmen. Keine Seitenöffnung läßt äußere Luft einströmen, um die Flamme abzukühlen; die einzige Oeffnung ist die zum Abstich des Steins dienende, allein sie ist immer mit flüssigen Substanzen angefüllt und es kann dadurch keine Luft einströmen. Durch eine eben so einfache als wirksame Vorrichtung und deren Einführung in das europäische Hüttenwesen von der Erfindung der Kärnthenschen Bleiöfen herzurühren scheint, kann der Arbeiter nur durch eine einzige Thür auf alle auf der Herdsohle befindliche Substanzen mit der Krücke einwirken. Man braucht diese Thür nur zu öffnen, um den Zug durch die Esse zu verhindern und folglich jeden Brennmaterial=Verbrauch aufzuheben. Da aber die durch die Thür angezogene Luft unmittelbar in den benachbarten Fuchs l l strömt, so kommt sie weder mit den Schmelzmaterialien, noch mit den Ofenwänden in Berührung und kann daher zur Abkühlung nicht beitragen. Da übrigens die den Schmelzöfen eigenthümlichen Reactionen von selbst zwischen den mit einander beschickten Substanzen stattfinden und von Seiten des Arbeiters nur ein seltnes und kurzes Eingreifen erfordern, so ist es nicht nothwendig, die Thür so beweglich einzurichten, die bei allen andern Prozessen unerläßlich ist. Die Fugen zwischen der Thür und ihrem Rahmen können in der Zwischenzeit zwischen zwei auf einander folgenden Chargen mit Lehm verstrichen werden. Von dieser Seite wird der Ofen daher nur durch den kleinen Luftstrahl abgekühlt, der durch eine Oeffnung von 0,015

Met. Durchmesser mitten in der Thür, durch das sogenannte Schauloch, durch welches man den Betrieb des Ofens übersehen kann, eindringt.

Manipulationen bei der Verarbeitung eines Schmelzpostens. — Die Bearbeitung eines Schmelzpostens oder einer Charge beginnt in dem Augenblick, in welchem die Producte von der vorhergehenden Charge weggenommen worden sind, wovon wir weiter unten reden werden und der Arbeiter den pulverförmigen Theil der Charge aus einem Trichter i i, der mitten auf dem Gewölbe angebracht worden ist, auf die Mitte der Sohle fallen läßt. Dieser erste Theil der Charge umfaßt die rohen und gerösteten Erze, so wie auch oft die Zuschläge. Da die nochmals durchzusetzenden Schlacken gewöhnlich in großen Stücken vorhanden sind, so können sie nicht auf dieselbe Weise eingeladen werden; man stürzt sie daher vorläufig auf die Sohle der Hütte, in der Nähe der Thür p p.

Durchschnittliche Zusammensetzung der Chargen. — Die Zusammensetzung der Chargen ist in verschiedenen Hütten und selbst in einer und derselben, nach der Beschaffenheit der Erze, sehr verschieden. Wenn die Erze sehr leicht flüssig sind; wenn einestheils der Zuschlag von Fluß unnöthig und andererseits die Schlacken, wegen ihrer anhaltenden Flüssigkeit, fast gänzlich von den Gemengen des Kupfersteins getrennt werden können; endlich, wenn es nicht sehr wichtig ist, den Verlust an Kupfer möglichst zu vermindern, so kann man 1,20 Tonnen Erz in eine Charge bringen. Um aber aus den meisten Erzen eine zweckmäßig flüssige Schlacke zu erhalten, muß man 0,04 bis 0,08 Tonnen Flußspath bei jeder Charge zuschlagen. In denjenigen Hütten, in denen es wichtig ist, die Schlacken so viel als möglich zu entkupfern, muß man jeder Beschickungs-Schicht auf 0,06 bis 0,09 Tonnen Schlacken von demselben Schmelzen zuschlagen. In vielen Hütten ist daher das Gewicht der Erzcharge durch die genannten Ursachen auf 1 Tonne reducirt.

Wenn man den Widerstand vorher in Betracht zieht, den jede Charge der Schmelzung entgegensetzt, so darf man nur die eigentlichen Erze, so wie den Fluß und die Schlacken, die bei dem Prozeß selbst fallen, berücksichtigen; denn die eisenhaltigen Schlacken von den Schmelzprozessen IV, V und VII beschleunigen in allen Fällen das Schmelzen, statt es aufzuhalten. Die Schmelzer, deren Lohn mit der Anzahl der Chargen steigt, die wöchentlich in einem Ofen verschmolzen sind, suchen diese Schlacken sehr und sehen ganz besonders darauf, daß sie zwischen allen Schmelzöfen Nr. II. gleich vertheilt werden. Die Menge dieser Schlacken wird natürlich durch den Betrieb der Hütte selbst bestimmt; sie hat sich seit etwa 20 Jahren, in Folge der Einfuhr fremder, sehr reicher oxydirter und geschwefelter Erze, die zu den Prozessen IV, V und VII kommen, deren Hauptmaterialien sie bilden, sehr vermehrt. Das Gewicht der strengflüssigen Materialien in jeder Charge beträgt gewöhnlich 1,05 bis 1,20 Tonnen und das Gewicht der für die Schmelzung günstigen Schlacken beträgt 0,15 bis 0,20 Tonnen. Man darf nicht unter diesen Grenzen bleiben, ohne die Menge des Brennmaterials zu einem gegebenen Erzgewicht nicht wesentlich vermehren zu müssen. Geht man darüber hinaus, so schadet man dem guten Erfolg der mechanischen Trennung der Schlacken von dem Stein, wegen der zu großen Anstrengung des Arbeiters beim Abheben der Schlacken. Was nun die in jedem Ofen in einer Woche ausgeführte Arbeit betrifft, so ist es ganz gleichgültig, sich der einen oder der andern von diesen Grenzen zu nähern, da die Dauer der Schmelzung einer Charge fast in demselben Verhältniß wie ihr Gewicht zunimmt. Eine genaue Wägung der Materialmengen, die 14 Tage lang unter meinen Augen in einen

Schmelzofen II eingesetzt wurden, in denen man gewöhnliche Erze zu Gute machte, gaben für die mittlere Zusammensetzung einer Charge folgende Resultate:

Geröstete Erze	0,896 T.	1,000 T.	1,122 T.
Ungeröstete Erze	0,104 „		
Flußspath	0,051 „		
Schlacken von demselben Schmelzen, durchzusetzen	0,071 „		
Flüssige Schlacken vom Prozeß IV	0,106 „		0,178 „
„ „ „ „ V	0,063 „		
„ „ „ „ VII	0,009 „		
		Summa	1,300 T.

Der Arbeiter beginnt, wie wir schon weiter oben bemerkten, seine Arbeit damit, daß er auf die Sohle 1,051 T. Erz und Fluß fallen läßt, worauf er das Register des Trichters sogleich wieder schließt und das Material sehr schnell mittelst der Krücke von der Mitte des Herdes, wo sie angehäuft liegen, gleichförmig in eine Schicht auszieht. Darauf faßt er die größern Schlackenstücke, die vor der Arbeitsthür liegen, mit den Händen und schleudert sie möglichst gleichförmig nach allen Theilen der Sohle, während die kleinern Stücke mit der Schaufel in den Ofen geworfen werden. Ist die Charge vollendet, so wird die Thür herunter gelassen und es werden ihre Fugen sorgfältig mit Lehm verstrichen.

Weitere Arbeiten. — Nun wird der weitere Prozeß mit der Charge 3½ Stunden lang dem bloßen Einfluß der Wärme überlassen, und der Arbeiter beschäftigt sich während dieses Zeitraums nur mit der Leitung der Feuerung und mit dem Materialien-Transport. In Beziehung auf die erstere Arbeit befolgt er die oben angegebenen Regeln; bei einem regelmäßigen Betriebe hat er weiter nichts zu thun, als von Zeit zu Zeit von der untern Seite des Klinkers einige Theile wegzunehmen, mit der Brechstange in dem obern, halb teigigen Theil Oeffnungen herzustellen, welche sich zu verstopfen suchen, und endlich auf der Oberfläche der Brennmaterialien neue hinzuzufügen. Zwischen zwei auf einander folgenden Schürungen verfließen durchschnittlich 1 St. 12′; jede Schürung wiegt 0,168 T., welche gleichartig auf der ganzen Oberfläche ausgebreitet werden müssen und eine etwa 0,08 Met. starke Schicht bilden. Diese Dicke der hinzugefügten Brennmaterialschicht ist die doppelte von der für die Röstöfen zweckmäßigen, weil der stärkere Zug der Schmelzöfen es gestattet, den Widerstand, den ein neues Schüren der Bewegung der Gase entgegensetzt, eher zu überwinden. Uebrigens wird das Schüren wie bei den Röstöfen bewerkstelligt: der Arbeiter stößt zuerst mit einer Krücke das in dem Schürloch z angehäufte Brennmaterial nach dem hintern Theil des Feuerungsraums und wirft dann mit der Schaufel so viel frisches Kohlenklein hinein, bis daß der Ofen und das Schürloch gehörig gefüllt und letzteres wiederum gänzlich verschlossen ist. Es muß jedoch diese Arbeit sehr rasch ausgeführt werden, damit der Ofen durch den durch dies Schürloch eindringenden lebhaften Luftstrom so wenig als möglich abgekühlt wird.

Füllung der Trichter zu der nächsten Charge. — Das Abwägen des pulverförmigen Theils des Schmelzpostens und das Füllen der Trichter nehmen den größten Theil der Zeit der Arbeiter in Anspruch. Vier Schmelzer, deren Oefen gewissermaßen zusammengehen, vereinigen sich in dieser Beziehung und vertheilen diese Arbeit auf folgende Weise unter einander. Einer von ihnen dringt mit größerer oder geringerer Schwierigkeit in die verschiedenen Abtheilun-

gen des Magazins i i, welches ungeröstete und geröstete Erze und Flußspath enthält (Fig. 4, Taf. III.), und füllt dort einen hölzernen Trog, der mehr oder weniger gehäuft, stets 1 Centner oder 0,05 T. Material enthält. Derselbe wird auf die Schale einer leicht transportirbaren Wage, die gewöhnlich in der Nähe der Magazinthür angebracht worden ist, gesetzt. Diese Wage muß nun auch für diejenigen Arbeiter leicht zugänglich sein, welche die beladenen Tröge zu den Trichtern schaffen. Für diese, die mit einer nicht unbedeutenden Last auf dem Kopfe schnell gehen müssen, ist es wesentlich, auf dem Wege kein Hinderniß zu treffen, wie sie im Innern der Magazine, von dem ungleich und haufenweis von der Förderbahn m m (Fig. 3, Taf. I) herabgestürzten Erze, häufig vorhanden sind. Da die eine Wagschale ein Centnergewicht und die Tara des Troges enthält, so wird beim Aufsetzen des vollen Troges auf die andere Schale das Gleichgewicht leicht hergestellt, wenn man etwas von dem Material wegnimmt, oder seltner, indem man etwas zulegt Die beiden andern Arbeiter, welche in gleichen Zwischenräumen auf einander folgen, heben die Wage, mit Hülfe des Wägers, auf ihre Köpfe und gehen damit zu dem zu füllenden Ofen, indem sie eine kleine an denselben gestellte Leiter in die Höhe steigen, um zum Trichter zu gelangen, in welchen sie ihren Trog entleeren. Darauf tragen sie den leeren Trog zu der Wage zurück, um einen andern gefüllten zu nehmen x. Sich selbst überlassen, könnten die Schmelzer, die ein Interesse dabei haben, viele Schmelzposten in einer gewissen Zeit durchgehen zu lassen, dazu veranlaßt werden, die strengflüssigsten Erze nicht zu nehmen, und das Gewicht der Chargen zu vermindern. Die Hüttenverwaltung muß daher dahin sehen, daß die vorgeschriebenen Erzsorten und Gewichtsmengen genommen werden und wonach die Schmelzkosten x. regulirt worden sind. Zu dem Ende steht ein Meister oder Aufseher bei der Wage, um die richtige Charge eines jeden Ofens zu controliren. Die Erze liegen im Durchschnitt 3 Meter unter der Hüttensohle, der Trichterrand 2½ Meter darüber; die Erze müssen daher 5,50 Meter hoch gehoben und 40 Meter in horizontaler Richtung transportirt werden.

Wegschaffung der produzirten Schlacken. — Die Schmelzer haben auch die Verpflichtung, die bei dem Schmelzen fallenden Schlacken zu besonders dazu vorgerichteten Orten t t (Taf. III, Fig. 4) zu schaffen, die sich in freier Luft und in der Nähe des Aufzuges s s befinden, mittelst dessen die sämmtlichen untauglichen Abfälle der Gießerei auf die Halden p p geschafft werden. Diese Schlacken werden in die Form von vier großen viereckigen Massen gebracht, die zusammen 0,875 Tonn. wiegen, und werden dann mittelst eines Hakens sehr leicht auf einen eisernen Karren mit einem kleinen Rade und ohne Fuß gezogen, den man zu dem Ende der noch rothglühenden Schlacke nahe bringt. Der Arbeiter transportirt daher jedesmal außer dem Karren ein mittleres Gewicht von 0,22 T. auf eine mittlere Entfernung von 65 Meter. Erkaltet werden die Schlackenkuchen zerschlagen und geschieden; es geschieht dies, wie wir weiter unten bemerken werden, durch die Schmelzmeister, welche die ganze Schmelzarbeit zu beaufsichtigen haben. In Folge dieser Scheidearbeit erhält jeder Ofen von den gefallenen Schlacken im Durchschnitt 0,071 Tonn. wieder, welche dem Schmelzen zugeschlagen werden, wie schon wiederholt bemerkt wurde.

Umrühren des Schmelzpostens. — Nachdem diese verschiedenen, von wiederholter Ruhe getrennten Transportarbeiten vollbracht worden sind, untersucht der Schmelzer sehr aufmerksam das Innere des Ofens, um den Augenblick richtig zu erkennen, in welchem es am zweckmäßigsten ist, die Schmelzmaterialien umzurühren. Indem er sich daran zu gewöhnen sucht, daß seine

Augen den Glanz der hohen Temperatur des Ofens ertragen, wobei er sich auch wohl gefärbter Gläser bedient, wird man eine halbe Stunde nach dem Schluß der Arbeitsthür finden, daß die leichtflüssigen Schlacken, welche die Charge bedecken, flüssig zu werden beginnen; man bemerkt auch ferner, daß die Flüssigkeit die pulverförmigen Substanzen nach allen Richtungen durchfurcht, hin und wieder in dieselben eindringt und sich auch an manchen Puncten auf der Oberfläche in kleinen Sümpfen sammelt. Das Verhältniß des flüssigen Silicats nimmt rasch zu; sehr bald fängt dasselbe etwas zu kochen an, da sich Gase aus dem Innern der Masse entwickeln. Diese Bewegung bringt das flüssige Silicat mit den Substanzen, welche die neue Schlacke bilden, und nach und nach die Auflösung bewirken müssen, in Berührung. Die Elemente des Steins dagegen werden durch die Abscheidung dieser Materien einander genähert, fangen zu reagiren und neue Gase zu bilden an. Nach und nach wird die Bildung und gegenseitige Abscheidung der beiden Producte der Schmelzung vollkommener, der Stein sammelt sich auf dem untern Theile der Herdsohle, wogegen die weit voluminösere Schlacke die Oberfläche des Bades bildet. Etwa 3 Stunden 50 Minuten nach dem Anfang des Prozesses scheinen diese metallurgischen Reactionen vollendet. Das gegen die Mitte des Prozesses durch die Gasentwickelung hervorgebrachte Kochen hat aufgehört, nur selten erheben sich auf die Oberfläche des Bades Blasen, die daselbst ein Aufblähen veranlassen. Man findet auch, daß ohnerachtet der bedeutenden Temperatursteigerung die Schlacke, das endliche Product des Prozesses, weniger flüssig ist, als in jenen, welche durch die ersten Eindrücke der Wärme flüssig geworden waren. Man erkennt am Umfange der Heerdsohle und hin und wieder auf der Oberfläche des Bades Zusammensinterungen nicht flüssig gewordener Substanzen, welche wie Schaum darauf herumschwimmen. Um ein Umrühren zu bewerkstelligen, wählt der Arbeiter immer den Augenblick, in welchem sich diese Erscheinungen zeigen. Er öffnet die Thür und bearbeitet mit einer Krücke die Oberfläche der Schlacke, um diejenigen Substanzen loszulösen, welche entweder an der Sohle oder am Rande anhängen; er zertheilt auch die zusammengesinterten Theile und sucht sie in der Schlackenmasse zu vertheilen. Aus dem Ofen herausgenommene Zusammensinterungen bestanden dem Wesentlichen nach immer aus vielen Stückchen von Quarz und aus Steinkörnern, welche durch das Silicat, den wesentlichen Theil der Schlacke, zusammen verbunden waren. Das von dem Arbeiter ausgeführte Umrühren hat stets den Zweck, erstens alle diese Quarztheile von einander zu trennen und sie in der Schlacke aufzulösen, zweitens die Steinkörner zu befreien, so daß sie zu Boden fallen können. Nachdem das Umrühren beendigt worden ist, verschließt der Arbeiter die Arbeitsthür; er sieht den Klinker an und richtet ihn so vor, daß während dieser letztern Epoche der Schmelzung die Temperatur des Ofens auf den höchsten Grad getrieben wird, den sie überhaupt erreichen kann. Der Arbeiter macht alsdann alle Vorbereitungen zum Abstich; er nimmt mit der Schaufel den angehäuften Sand von der Hüttensohle unter der Arbeitsthür (Taf. II, Fig. 1 und 2) und nachdem er die Oberfläche geebnet hat, richtet er vier rechteckige Vertiefungen, in Fig. 1 mit Nr. 1 bezeichnet, entsprechend der senkrechten Linie, welche durch die Mitte des äußern Randes der gußeisernen Platte geht, die die Schwelle der Arbeitsthür fest bildet. Es folgt daraus, daß die aus dem Ofen gezogene Schlacke stets in diesen ersten Behälter fällt. Die drei andern Formen oder Behälter liegen zu beiden Seiten des ersten oder mittlern, längs der Mauern des Ofens. Die sie trennenden Dämme haben eine solche Einrichtung, daß

wenn die Form Nr. 1 gefüllt ist, die weiter abfließende Schlacke zuvörderst in Nr. 2 gelangt und dann in Nr. 3; sind endlich diese beiden angefüllt, so ergießt sich der Ueberfluß von Nr. 1 in die Form Nr. 4, indem der Damm zwischen derselben und jener höher war, als die übrigen.

Abstich des Steins und Abzug der Schlacken. — Etwa eine Viertelstunde nach der Beendigung des Umrührens beginnt der Arbeiter den Abstich, indem er mit Sorgfalt mittelst einer spitzen Brechstange die Oeffnung aufstößt, welche dem untern Theil des innern Sumpfes o o (Taf. II, Fig. 1 und 5) entspricht. Der dünne Strahl von flüssigem Stein, welcher alsdann sogleich herauskommt, fällt von dem gußeisernen Steine r r in den blechernen Behälter u u, in welchen ein Strom kalten Wassers zugelassen werden kann, wenn es erforderlich ist. In dem Wasser zertheilt sich der Stein in kleine Granalien oder Körner, welche höchstens die Größe einer Linse und im Durchschnitt die eines Hanfkorns haben. Der Schmelzer öffnet alsdann die Arbeitsthür und fängt an, die Schlacken aus dem Ofen zu ziehen. Die Einzelheiten dieses Prozesses, eines der schwierigsten und charakterischsten der Waleser Methode, sind wesentlich von dem verschieden, was man in den Schmelzhütten auf dem Festlande bemerken kann. Das dort übliche Verfahren ist eine nothwendige Folge der ganz besondern Beschaffenheit der Schlacken. Die Basis der Waleser Schlacken ist, wie man weiter unten sehen wird, ein eisenhaltiges Silicat, welches an und für sich sehr leichtflüssig ist. Jedoch enthält diese flüssige Masse eine Menge Bruchstücke von Quarz und quarzigen Gesteinen beigemengt, deren Dimensionen von der Größe einer Nadelspitze bis zu der einer Nuß verschieden sind. Diese so häufig vorkommenden Bruchstücke, daß sie sich fast berühren, bringen dieselbe Wirkung hervor, als die dem Wasser eingemengten erdigen Substanzen, indem sie die Schlacke so schlammartig dick machen, daß, wenn man plötzlich den Haken hineinfallen läßt, dadurch nur eine kurze wellenförmige Bewegung auf der Oberfläche dieser unvollkommenen Flüssigkeit entsteht, der nur 0,30 Meter über die Mitte der Erschütterung hinausreicht. Es würde daher nicht thunlich sein, die Schlacken durch eine tief im Herde angebrachte Oeffnung abzustechen, sondern man muß sie nothwendig mit der Krücke abziehen, wie es mit allen zähen Substanzen im Hüttenwesen der Fall ist. Um so viel als möglich zu vermeiden, daß der der Masse durch die Krücke mitgetheilte Stoß eine mechanische Beimengung des Steins veranlaßt, giebt man der Sohle die in den Fig. 1, 2 und 5, Taf. II, dargestellte Einrichtung. Alle Theile von der Oberfläche dieser Sohle zeigen eine deutliche Neigung nach einer Art Sumpf o o, der an der einen Seite des Ofens angebracht worden ist und nur ein Drittel von der ganzen Oberfläche einnimmt. Die Schlacke liegt nur über diesem Sumpf oder Tiegel auf dem Stein, sonst überall unmittelbar auf der Herdsohle. Dort kann der Arbeiter mit der Krücke wirken, um die Schlacke abzuziehen, so daß sie nach und nach über die Schwelle der Arbeitsthür abfließt. Auf diese Weise läuft er gar nicht Gefahr, irgend einen bedeutenden Theil Steine mit abzuziehen. Jedoch läßt sich nicht jede Einmengung dieser Art verhindern, theils weil die Schmelzung nicht alle Körner von der Schlacke befreien konnte, theils weil beim Abziehen der Schlacken diejenigen mit fortgenommen werden, welche an den höchsten Puncten der Herdsohle hängen blieben. Um diesem unvermeidlichen Nachtheil so viel als möglich abzuhelfen, erhalten die Gruben, in denen die Schlacken erstarren, die vorher angegebene Einrichtung.

Indem nun die Schlacke über die Thürschwelle fließt, gelangt sie zuvörderst

in den Behälter Nr. 1 (Fig. 1, Taf. II), und aus diesem gehen sie nach und nach in die Gruben Nr. 2, 3 und 4 über. Die Steinkörnchen, die mit der Schlacke vermengt bleiben, sammeln sich, wegen ihrer größern Schwere, im untern Theil des Behälters Nr. 1; die drei übrigen, welche ihre Füllung über den Rändern der Vertiefung Nr. 1 zugeführt erhalten, enthalten weit reinere Schlacken. Am untern Theil der Schlackenmasse Nr. 1 findet man einen bedeutenden Theil von dem mechanisch mit fortgerissenen Stein, und wenn eine Untersuchung dieser Schlacken zeigt, daß sie so wenig Stein eingemengt enthält, um weggeworfen zu werden, so darf man annehmen, daß die Massen aus den übrigen Gruben noch weniger enthalten. Um die Controle der Schlacken zu erleichtern, müssen die Arbeiter die Schlackenkuchen dem Aufseher in der Ordnung angeben, in welcher sie gebildet worden. Denjenigen Theil der Schlacke, welcher sich in der Nachbarschaft des Steins befindet, darf man übrigens nicht abziehen. Die in dem Ofen gebliebene Schlacke nehme ich zu etwa 0,30 T. an, weßhalb sie dem oben angegebenen Quantum zugesetzt werden müssen. Die 0,875 T. glühender Schlacke, welche auf diese Weise am Fuß des Ofens angehäuft worden sind, strahlen eine bedeutende und heftige Hitze aus; um sich dagegen so viel als thunlich zu schützen, setzen die Arbeiter Blechschirme vor den Sanddamm und bedecken die Schlacke nach vollendetem Abzug mit Sand. Sobald der Schlackenabzug vollendet worden ist, öffnet der Schmelzer den Trichter und läßt eine neue Charge auf die Sohle fallen. Der Stein fließt gewöhnlich während des ganzen Schlackenabzugs ab, und da er im Ofen durch eine gewisse Schlackenschicht geschützt ist, dauert der Abfluß etwa noch zwei Minuten nach der Einführung der neuen Charge. Es ist durchaus nicht nöthig, allen Stein aus dem Herde abzulassen, ja es ist im Gegentheil vortheilhaft, auf der Sohle eine gewisse Quantität zu lassen. Er schützt den Herd gegen die fressende Einwirkung der ersten Schlacken und verhindert, daß die Sohle nicht niedriger wird, als die Lage der Abstich-Oeffnung. Da das Volum des von jedem Schmelzposten erlangten Steins gering ist (55 Liter — à 1 Kubikdecimeter —), so stechen die Waleser Schmelzer den Stein gewöhnlich erst nach zwei Schmelzen ab; dann erfolgen bei dem etwa 10 Minuten dauernden Abstich etwa 110 Liter.

Dauer eines Prozesses. — Jedes Schmelzen dauert etwa 4 St. 20′ und diese ganze Zeit ist auf folgende Weise mit den verschiedenen Arbeiten ausgefüllt, deren Beschreibung wir bereits mitgetheilt haben:

Laden und Ausbreiten der pulverförmigen Materialien oder Schlieche	6 M.	0 St. 11 M.
Einsetzen der Schlacken	5 „	
Schmelzen. — Füllen der Trichter, Fortschaffung der Schlacken; Schüren rc. des Feuerraums		3 „ 38 „
Umrühren der Materialien auf der Sohle		— „ 5 „
Letztes Schüren, um heftige Hitze zu geben		— „ 16 „
Abziehen der Schlacken		— „ 10 „
	Summa	4 St. 20 M.

Versuche zu der zweckmäßigsten Beschickung. — Die Schmelzarbeit ist etwas mühsamer und erfordert ein gewisses Eingreifen des Hüttendirectors, sobald man neue und weniger bekannte Erze zu Gute machen will; dasselbe ist der Fall, wenn gewisse Erzsorten fehlen und man genöthigt ist, die Beschickung zu verändern, deren Zweckmäßigkeit durch eine lange Erfahrung bestätigt worden

ist. In diesem Falle setzt man den Fluß der Beschickung nicht zu, sondern man rührt im Lauf der Operation mehrmals um, um sich von dem Fortschreiten des Schmelzens zu überzeugen, und schlägt jedesmal nach dem Erfordern die zweckmäßiger scheinende Flußmenge hinzu. Diese Versuche und das wiederholte Oeffnen der Thür halten die Schmelzung auf und vermehren den Brennmaterial-Verbrauch. Man muß sie aber dennoch fortsetzen, bis daß die Erfahrung die vortheilhafteste Beschickung dargethan hat. Die seit längerer Zeit durch die Zugutemachung sehr verschiedener inländischen Erze, deren Beschaffenheit sich nur wenig verändert, erlangten praktischen Kenntnisse tragen sehr viel zu dem Erfolge und zu der Beschleunigung der Prozesse bei. Man würde sich aber wahrscheinlich irren, wenn man annehmen wollte, anderwärts ohne die Hülfe einer solchen Erfahrung eine gleiche Ersparung an Arbeitslöhnen und an Brennmaterial zu erlangen.

Metallurgische Reactionen. — Die metallurgischen Reactionen beim Schmelzen Nr. II sind sehr einfach. Oxyde und Sulfurete sind in der Beschickung in solchen Verhältnissen vorhanden, daß das durch die Oxyde verlorene Sauerstoffgas, deren Metalle in den Stein übergehen, so wie das, welches das Eisenoxyd verliert, um in den Schlacken in den Zustand des Oxyduls überzugehen, fast das Aequivalent des Schwefels bilden, der zur Zusammensetzung des Steins nicht erforderlich ist. Dieser Sauerstoff und der Schwefel bilden durch ihre gegenseitige Reaction schweflichte Säure, deren Volum bei der Temperatur des Ofens 400 Mal größer als das der flüssigen Substanzen und deren fortwährende Entwickelung, indem sie auf die Schmelzmaterialien unaufhörlich einwirkt, ganz besonders zu den Fortschritten der Reactionen beiträgt.

Der der Beschickung zugeschlagene Flußspath spielt eine sehr verwickelte Rolle: Thon- und selbst Bittererde sind in den Gangarten der Kupfererze gewöhnlicher als Kalkerde (siehe Abschnitt 13, Tabelle II). Der Theil des Calciums, der unter dem Einfluß des Sauerstoffs und der Kieselerde in den Zustand des Kalkes übergeht, trägt dazu bei, die Leichtflüssigkeit der Silicate zu erhöhen. Etwa die Hälfte des Fluorcalciums wird nicht besetzt und das entstandene Fluo-Silicat trägt noch sehr wesentlich, wie es mehre andere metallurgische Erscheinungen beim Blei und beim Kupfer darthun, zur Flüssigkeit der Schlacke bei. Das dem gebildeten Kalk äquivalente Fluor verflüchtigt sich wahrscheinlich im Zustande des Fluorsiliciums. Allem Anschein nach löſ't sich das Fluorcalcium zuvörderst sehr schnell in den Silicaten auf, zu denen es eine große Verwandtschaft hat; darauf zersetzt es sich nach und nach unter dem Einfluß der Kieselbruchstücke, die der Masse beigemengt sind; die Kieselerde tritt den Sauerstoff an den Calcium ab, und das genau dem Fluor äquivalente Silicium verbindet sich mit dem letztern. Die erfahrenen Arbeiter, die ich deshalb um Rath gefragt habe, schreiben dem Vorhandensein des Flußspaths hauptsächlich die Entwickelung des Gases zu, welche noch fortdauert, wenn der Stein gebildet worden ist und wenn sich keine schweflichte Säure erzeugt. Sie meinen, daß diese Entwickelung noch lange fortdauern würde, wenn man die Materialien in Fluß erhielte. Man hat demnach Grund zu der Annahme, daß die Entwickelung des Fluor-Siliciums das natürliche Umrühren der Materialien begünstigt und zwar in dem Augenblick, in welchem die schweflichte Säure nicht mehr nützen kann, und daß diese mechanische Wirkung noch einer von den wesentlichen Vortheilen der Anwendung des Flußspaths ist.

Die Ofenwände spielen in den Reactionen des Flusses Nr. II nur eine unbedeutende Rolle. Die große Kieselmenge, die der Schlacke beigemengt ist,

sucht die fressende Einwirkung des Eisensilicates zu neutralisiren. Der Stein, der übrigens fortwährend in den Sand dringt, bildet gewissermaßen eine schwefelige Sohle, die sich weit eher zu erhöhen, als zu senken sucht und auf welche die Schlacken keine Einwirkung haben. Es ist demnach hier nicht die Abnutzung der Sohle, sondern ihre Erhöhung, welche die Dauer der Campagnen zu beschränken sucht. Um diesen Nachtheil so viel als möglich zu verbessern, beendigt man den Betrieb einer Woche gewöhnlich damit, daß man ohne Charge zwei Stunden lang recht stark feuert. Unter dem Einfluß der Wärme wird die Oberfläche der Herdsohle zum Theil flüssig und dadurch kann man alsdann Quarzmassen wegnehmen, welche an dem Herde festhängen.

Der Schmelzer ebnet nun mit einer Krücke die erweichte Herdsohle und giebt ihr einen gleichförmigen Abhang, wobei er die größte Sorgfalt anwendet. Die Ziegelsteine von den Seiten- und Widerlagemauern des Gewölbes, die Brücke und die Füchse, welche von dem Einflusse der heftigen Hitze und der metallischen Theilchen, die durch die Gase mit fortgerissen und zufällig mit ihnen in Berührung gebracht, angegriffen werden, liefern weit mehr erdige Substanzen als die Sohle selbst. In die Schlackenbildung gehen sie jedoch nur in einem kleinen Theile ein. (Siehe Abschn. 13, Tabelle II.)

Vergleichung der Materialien und Producte. — Das relative Verhältniß als Materialien zu dem Rohstein-Schmelzen und aller Producte von demselben ist in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt:

Materialien.		Producte.	
Geröstetes Erz	0,724	Rohstein, zu III	0,275
Ungeröstetes Erz	0,084	Wegzustürzende Schlacke	0,650
Arme Schlacke von IV	0,085	Ofenreste, zu IV	0,009
" " " V	0,051	Schweflichte Säure	0,055
" " " VII	0,008	Verflüchtigter Schwefel	0,001
Flußspath	0,041	Fluor-Silicium	0,008
Erdige Materialien:		Wasser und Kohlensäure	0,002
Sand	0,001		1,000
Ziegelsteine	0,006		
	1,000		

Controle des Prozesses; Abnahme der Schlacken und des Rohsteins. — Der Schmelzprozeß II braucht nicht so genau controlirt zu werden, als die Erzröstung, da die jungen Arbeiter, denen diese letztere Arbeit anvertraut ist, weniger Sicherheit für Genauigkeit gewähren. Die gut oder schlecht geröstete Charge kann übrigens zur gehörigen Zeit aus dem Ofen genommen werden, ohne es durch die Untersuchung des Productes selbst bestätigen zu können, ob der Betrieb des Ofens mangelhaft war. Endlich ist das Lohn der Arbeiter nicht beeinträchtigt, wenn sie Nachlässigkeiten begangen haben, die der Aufmerksamkeit der Aufseher entgingen. Die Arbeiter, welche das Schmelzen II verrichten, sind schon geübter. Außerdem verzögert jede Nachlässigkeit im Betriebe das Schmelzen; sie vermindert daher die Anzahl der Chargen, die in einer gegebenen Zeit verarbeitet werden können, und folglich das Lohn. Wenn nun, um die verlorene Zeit wieder herbei zu bringen, der Arbeiter eine unvollkommen geschmolzene Charge aus dem Ofen herausnehmen zu können glaubte, so würde dies sogleich durch die Schlacke wahrgenommen werden können. Die ganze Controle des Schmelzens II beschränkt sich daher darauf, daß die Aufseher zuweilen den Betrieb des Ofens betrachten, daß sie das Verwiegen der Materialien

genau nehmen und die producirten Schlacken genau untersuchen. Es geschieht dies in der Nähe der Schlackenhallen, in dem Hofe t t (Taf. III, Fig. 4), wo die Schmelzer in einer regelmäßigen Ordnung die bei jedem Ofen gefallenen Schlacken aufstürzen. Ein Beamter zerschlägt darauf die Schlacken mit dem Hammer, untersucht den Bruch und richtet hauptsächlich seine Aufmerksamkeit auf den untern Theil einer jeden Schlackenmasse und besonders auf die mittlere Nr. 1 (Taf. II, Fig. 1). Der in kleinen Körnern darin eingesprengt vorkommende Stein sticht durch seine lebhafte Bronzefarbe und seinen Metallglanz auf der schwarzen und matten Schlacke. Durch eine solche Untersuchung kann man den Kupfergehalt der Schlacke eben so genau und durch hundertfach weniger Arbeit erkennen, als durch chemische Prüfungen. Bei dem gewöhnlichen Gehalte von 3 bis 12 Tausendtheilen erkennt ein geübter Beamter die Menge des in der Schlacke enthaltenen Kupfers bis fast auf 1 oder 2 Tausendtheile. Durch das Zerschlagen entstehen für jeden Ofen zwei Schlackenhaufen: der eine und weit größere enthält alle reine, auf die Halde kommende und der andere enthält die unreine, noch so viel Kupfer enthaltende Schlacke, welche noch einmal mit durchgeschmolzen wird. In den Hütten, in denen eine scharfe Controle stattfindet, werden, wie schon bemerkt, bei jeder Charge 0,071 T. unreine oder reiche Schlacken zugeschlagen; diese Menge darf nicht überstiegen werden, allein da man nicht immer alle auf einen Ofen zurückfallende Schlacken in der Beschickung mit durchsetzen kann, so müssen die Arbeiter die zurückbleibenden am Ende der Woche in einem besondern Schmelzen durchsetzen, welches sie nicht verlohnt bekommen. In einer Hütte, deren Schlacken nie mehr als 5 Tausendtheile Kupfer enthalten, würde jeder Ofen alle 14 Tage ein solches Schmelzen mit 1,50 Tonnen Schlacken anzustellen haben.

Der granulirte Rohstein aus zwei neben einander liegenden Oefen setzt sich auf dem Boden des blechernen Cylinders u u, der zwischen diesen beiden Oefen angebracht worden ist (Taf. II, Fig. 1), ab. Der Arbeiter, welcher den Auftrag hat, diesen Stein fortzuschaffen, hebt zuvörderst den Cylinder mittelst eines Krahns (Taf. II, Fig. 3) bis zu der Hüttensohle, entleert seinen größern oder geringern Inhalt in Karren und schiebt dieselben, etwa 35 Meter weit, bis zu dem Magazine u (Taf. III, Fig. 4), das in der Nähe der Oefen Nr. III liegt, wo der Stein geröstet wird.

Wöchentliche Unterbrechung und Wiederanfang des Betriebes. — Der wöchentliche Betrieb eines Ofens wird auf folgende Weise vertheilt. Da er des Sonntags stets unterbrochen wird, so sinkt die Temperatur des Ofens während dieser Periode der Ruhe sehr bedeutend. Um in den Stand gesetzt zu werden, das Schmelzen den Montag Morgen wieder zu beginnen, muß man wenigstens 12 Stunden vorher, d. h. den Sonntag Abend wiederum mit Feuern anfangen. Zu dem Ende braucht man nur die Arbeitsthür, welche seit Sonnabend Abend offen stand, zu verschließen und dann feuern, wie es gewöhnlich beim Betriebe des Ofens geschieht. Ein einziger Arbeiter, der die Nachtschicht vom Sonntage zum Montage übernimmt, reicht hin, um 4 benachbarte Oefen wieder anzufeuern. Nachdem der Ofen die Weißglühhitze wieder erlangt hat, macht man Montags Morgen um 5 Uhr die erste Charge und fährt nun fort, wie oben angegeben. Die beiden ersten Chargen gehen gewöhnlich minder rasch durch, als die übrigen. Macht man nun jede Charge durchschnittlich mit 1,30 Tonnen, wie weiter oben angegeben worden ist, so werden wöchentlich bis zum Sonnabend Morgen um 6 Uhr 28 Chargen durchgesetzt. Der alsdann in die Schicht tretende Schmelzer macht dann gewöhnlich nur 2 Chargen in derselben,

die bis 2 Uhr 40 Min. dauern, worauf noch 2 Stunden lang ohne Charge gefeuert wird, um den Herd zu reinigen und zu ebnen. Es wird alsdann stark geschürt und zur Unterbrechung des Zuges die Arbeitsthür offen gelassen, worauf der Arbeiter um 4 Uhr 40 Min. die Arbeit verläßt. Haben die Schmelzer ein besonderes Schlackenschmelzen zu machen, so erfolgt dasselbe gewöhnlich nach dem letzten Erzschmelzen, wodurch die Dauer der Schicht bis um 8 Uhr etwa verlängert wird. Nimmt man an, daß ein solches Schlackenschmelzen alle 14 Tage erfolgt, so hat die Sonnabendsschicht eine mittlere Dauer von 12 Stunden. Berücksichtigt man nun auch noch das Anfeuern des Sonntags, so machen die beiden Arbeiter eines jeden Ofens wöchentlich zusammen 11,25 Schichten zu 12 Stunden eine jede. Für jede von den 30 Erzchargen erhalten sie 1,42 Schill. Lohn, daher jeder Schmelzer für die Schicht durchschnittlich 3,79 Schill. und das Wochenlohn 21,53 Schill.

Reparaturen der Oefen; Zeiten des Betriebs und des Kaltlagers. — Die Schmelzöfen bedürfen häufiger Reparaturen, besonders einzelne Theile; so dauert z. B. der Fuchs $2\frac{1}{2}$ Monat, der Feuerungsraum und die Brücke 4 Monat, das Gewölbe und die Seitenmauern 30 Monat. Nach einer Campagne von 30 Monat muß ein Ofen ganz neu gebauet werden, eben so wie 3 bis 4 Meter von dem untersten Theile der Esse. Diese Reparaturen und das Anfeuern veranlassen einen großen Zeitverlust. Schwankungen in den Erzanlieferungen und in der Lebhaftigkeit des Betriebes einer Hütte, veranlassen oft eine zeitweilige Betriebseinstellung von einer gewissen Anzahl von Oefen, deren Rosten übrigens das Brennmaterial behalten, in dem man von Zeit zu Zeit dasselbe in Zug bringt, so daß sie zur Aufnahme von Erzchargen stets vorbereitet sind. In der Hütte, die wir hier als Beispiel aufgestellt haben dienen 29 Oefen dazu, um wöchentlich 746 Tonnen ungeröstetes oder geröstetes Erz zu verschmelzen, und es ist die ganze Dauer des Jahres für einen jeden dieser Oefen auf folgende Weise vertheilt:

Wirkliche Betriebszeit		268
Tage, an denen ein Ofen außer Betriebe ist	56	97
Reparaturen	26	
Reserve (mit Feuer auf dem Rost) . .	9	
Vollständiges Kaltlager	6	
Summa:		365

Jeder im Betriebe stehende Ofen verschmilzt wöchentlich 30 Tonnen Erz; berücksichtigt man aber die oben nachgewiesenen Betriebseinstellungen, die in jeder Hütte unvermeidlich sind, so werden in jedem Ofen durchschnittlich nur 25,7 T. verschmolzen.

Der Materialienverbrauch, die Löhne und die übrigen Kosten für das Verschmelzen einer Tonne Erz sind in der nachstehenden Tabelle nachgewiesen:

II. Hüttenkosten für die Verschmelzung von 1 Tonne geröstetes und ungeröstetes Erz auf Bronze-Stein.

Arbeitslöhne und Materialien.	Tage oder Schichten.	Tägliches Lohn.	Gesammtausgaben.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Förderleute. — Transport von 0,155 T. ungeröstetem Erz und Fluß zum Magazin	0,014	1,79	0,025
Maschinenwärter. — Wartung der Dampfmaschine	0,001	4,00	0,004
Schmelzer. — Transport des ungerösteten und gerösteten Erzes und des Flusses, von dem Magazin zum Ofen; der Schlacken von dem Ofen zur Halde (die Hälfte der Schicht der Schmelzer).	0,188	3,79	0,713
Dieselben. — Erzschmelzen und Nebenarbeiten (Hälfte der Schicht der Schmelzer)	0,187	3,79	0,709
Aufseher. — Controle des Betriebs und Scheidung der Schlacken	0,032	3,50	0,112
Förderleute. — Transport des granulirten Rohsteins zum Magazin für die Röstöfen Nr. III.	0,023	4,38	0,101
Kinder. — Transport der Kohlen und des Klinkers; Scheidung der Cinders	0,200	0,85	0,170
	0,645	2,84	1,834
Materialien.	Tonnen.	Kosten für die Tonne.	
Brennmaterialien zum Schmelzen	0,624		
Brennmaterialien zu den Nebenarbeiten	0,153		
	0,777	4,98	3,869
Sand zum Herd und die Sümpfe	0,002	2,75	0,006
Feuerfeste Ziegelsteine	0,010	26,00	0,260
Feuerfester Thon	0,003	8,00	0,024
Fluß	0,051	10,00	0,510
Erhaltung des Inventars: Tröge, Krücken ꝛc. Blechcylinder, Krahnketten	—	—	0,149
Summa:	. . . .	. . . .	6,652

Physikalische und chemische Studien über die Producte des Schmelzens III. — Die Kenntniß von der chemischen Zusammensetzung des Schmelzens Nr. II. ist die wichtigste zu einer rationellen Auffassung von dem Ganzen der Waleser Methode. Auch habe ich vorzüglich auf diesen Punct die Studien gerichtet, die ich seit 5 Jahren verfolge; es ist hier der Ort zur Darlegung der hauptsächlichsten Resultate.

Schwierigkeiten der Untersuchungen auf den Kupfergehalt der Schlacken. — Eine von den Thatsachen, deren genaue Bestimmung ich mir vorgenommen hatte, war der Kupfergehalt der über die Halde gestürzten Schlacken. Diese Untersuchung hat dieselben Schwierigkeiten als diejenigen sind, welche bis jetzt die gewöhnliche Anwendung der chemischen Analyse auf die Leitung und Controle der Hüttenprozesse verhindert hat; sie beruht in der Schwierigkeit des

Probenehmens. Die auf einen Theil von einem Material angewendete Analyse giebt in den meisten Fällen, mit aller erwünschten Genauigkeit, das Ganze oder irgend einen Theil von ihrer chemischen Zusammensetzung an. Damit aber diese Genauigkeit ihren Nutzen habe, müssen offenbar die durch die Analyse des Theilchens erlangten Resultate genau mit denen übereinstimmen, welche die Analyse der ganzen Masse geben würde, welche man in der Hütte zu Gute macht. Mit andern Worten, es muß das Material der Probe eben so zusammengesetzt sein, wie die ganze Masse, deren mittlere Zusammensetzung man bestimmen will. Nun zeigt aber die bloße Untersuchung der äußern Kennzeichen der meisten zu verhüttenden Materialien und der Hüttenproducte, daß die Zusammensetzung solch einer Art von Proben fast immer unübersteigliche Schwierigkeiten hat; sie erfordert sehr viele Arbeiten und sehr geübte und genaue Probirer oder vielmehr Analytiker. Bei einem Gewerbe, bei welchem die Bedingung des Gewinnes alle übrigen übersteigt, und wobei die Genauigkeit und die theoretische Vollkommenheit der Arbeiten nur Nebenvortheile sind, muß man den Gewinn, welchen die Genauigkeit der chemischen Analyse den Prozessen gewähren könnte, stets mit den Kosten, welche diese Genauigkeit veranlassen würde, vergleichen. Eine solche Vergleichung führt stets zu der Erkenntniß, daß die in den Hütten angenommenen Mittel zur Untersuchung und zur Controle weit höher stehen als diejenigen, welche man aus der Chemie als Wissenschaft ziehen kann. Die Vorsichtsmaßregeln, welche ich anwenden mußte, um die Proben von den Schlacken des Schmelzens II. zu sammeln, würden allein schon hingereicht haben, um diese Betrachtungen zu machen, wenn nicht bereits andere Studien seit langer Zeit meine Meinung über diese wichtige Frage in der Metallurgie bestimmt hätten.

Physikalische Kennzeichen der Schlacke. — Auf den frischen Bruch betrachtet, ist die Schlacke, welche bei dem Rohsteinschmelzen fällt, eine Art von Breccie, gebildet aus fast dicht aneinander liegenden Bruchstücken von Quarz und kieseligen Gesteinen, die durch ein dichtes oder blasiges Silicat verbunden sind. Die weiße Farbe und die scharfen Kanten des Quarzes stechen sehr stark gegen die Farbe des Silicats ab und haben das Ansehn gewisser Porphyre. Der bronzefarbige Rohstein ist sehr ungleich in dem Silicat vertheilt; an manchen Stellen zeigen sich kaum einige Spuren mit Hülfe einer starken Loupe, wogegen an andern die Hauptmasse gleichförmig kleine Theilchen von Stein eingesprengt enthält, die dem unbewaffneten Auge unbemerkbar sind. Am gewöhnlichsten ist der Stein unregelmäßig in Körnern eingemengt, deren sehr verschiedene Größe oft die eines Stecknadelknopfes, zuweilen die eines Getreidekorns, selten die einer Nuß hat. Jedoch ist es gar nichts Besonderes, bei der Untersuchung der Schlackenhalden, mit dem Hammer in der Hand, Schlackenstücke zu finden, in denen noch größere Steinkörner vorkommen. Wenn man den senkrechten Bruch eines Schlackenkuchens von unten nach oben, und in der Lage betrachtet, in der sie abgesetzt worden ist, so bemerkt man im Allgemeinen einen untern blasigen Streifen etwa $\frac{1}{2}$ Centim. dick, worauf eine dichte Zone folgt, in welcher verhältnißmäßig wenig Quarzbruchstücke vorkommen; in der nächsten Zone werden dieselben häufiger; über derselben endlich wird die Silicatmasse, welche wenig Quarzbruchstücke enthält, blasig, so daß sie oft das Ansehen einer sehr leichten Lava erhält. Wenn viele Rohsteinkörner vorkommen, so finden sie sich hauptsächlich in dem dichten Silicat, gerade über der untersten blasigen Schicht; weiter aufwärts sind sie seltener, besonders da, wo die Stücke von reinem Quarz von schönem Weiß häufig sind und wo sich gar nichts

Metallischen eingemengt zeigt. Jedoch sind diese Kennzeichen die minder seltnen unter denen, die ich beobachtet habe, an verschiedenen Stücken so verschieden, daß man sie nicht gewöhnliche nennen kann. Oft finden sich die Körner dem Anschein nach ohne irgend ein Gesetz in dem Innern der quarzigen Zone und selbst bis zwischen die kieseligen Gesteine verbreitet.

Ungleiche Vertheilung der Steinkörner in der Schlacke. — Um diese ungleiche Vertheilung des Steins noch genauer zu bestimmen, nahm ich nach Gutdünken 18 Stückchen von 6 Schlackenkuchen, die an einem Tage von 6 verschiedenen Oefen gefallen waren, welche jedoch ganz gleiche Chargen schmolzen. Die von einem Kuchen herrührenden Stückchen rührten das erste von der untern, das zweite von der mittlern und das dritte von der obern Zone her. Alle bestanden aus einem kleinen Stück, welches jedoch hinreichend groß war, um im Mörser zerrieben 1 Gramme Material zu geben. Die Kupferprobe[1]) von den 6 Schlacken hat die folgenden Resultate gegeben, welche ich nach der Reihe des mittlern Gehalts zusammenstelle:

Ordnungsnummer der Schlackenkuchen.	Unterer Theil.	Mittlerer Theil.	Oberer Theil.	Durchschnitt für jeden Schlackenkuchen.
1	0,050	0,001	0,002	0,018
2	0,027	0,003	0,012	0,014
3	0,006	0,007	0,005	0,006
4	0,009	0,002	0,004	0,005
5	0,009	0,000	0,003	0,004
6	0,003	0,001	0,002	0,002
Durchschnitt für die 6 Kuchen.	0,017	0,002	0,005	0,008

Um den Einfluß zu bestätigen, den die Größe der Masse, welche die Probe bildete, auf das Resultat hat, nahm ich von denselben Schlackenkuchen und von denselben Zonen, woher die vorhergehenden Stückchen stammten, 18 wenigstens 2 Kilogr. wiegende Stücke. Jedes derselben wurde gepulvert und durch ein Haarsieb geschlagen; von diesem Pulver wurde die Probe genommen und nun wie die vorhergehenden Proben behandelt, erhielt ich die, in der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate:

[1]) Man sehe (Abschn. XVI. 5.) die spezielle Beschreibung der neuen Methode, welche ich angewendet habe, um die zahlreichen Kupfer-Schlacken-Proben zu machen, welche zu der vorliegenden Arbeit erforderlich waren.

Ordnungsnummer der Schlackenkuchen.	Unterer Theil.	Mittlerer Theil.	Oberer Theil.	Durchschnitt für jeden Schlackenkuchen.
1	0,032	0,002	0,005	0,013
2	0,008	0,004	0,005	0,006
3	0,009	0,001	0,005	0,005
4	0,012	0,002	0,007	0,007
5	0,010	0,006	0,008	0,008
6	0,005	0,004	0,004	0,004
Durchschnitt für die 6 Kuchen	0,013	0,003	0,006	0,007

Die Vergleichung dieser beiden Reihen von Versuchen, bei denen gleiche Zonen der Schlacke gleiche Bezeichnungen haben, beweist hinlänglich der Einfluß der Größe der Probe. Sicher würde der mittlere Gehalt eines jeden Schlackenkuchens noch geringere Differenzen zeigen und würde sich noch mehr einem allgemeinen mittlern Gehalt nähern, wenn es möglich wäre, mit mäßigen Kosten Proben nehmen zu können, die von der Pulverisirung des ganzen Kuchens herrühren.

Mittlerer Kupfergehalt des Ganzen der weggestürzten Schlacken. — Die Untersuchungen, welche ich mit der Schlacke von dem Schmelzen Nr. II. angestellt habe, haben hauptsächlich den Zweck, den mittlern Gehalt von dem Ganzen der über die Halde gestürzten Schlacken, so wie auch die Beschaffenheit der chemischen Verbindungen, in denen das Kupfer vorkommt, zu bestimmen.

Zur Bestätigung des ersten Resultates habe ich zwei gänzlich verschiedene Reihen von Proben genommen. Die erstere ist mit Hülfe eines intelligenten Unterbeamten, der das Schmelzen II. beaufsichtigt, vorbereitet worden. Er nahm diese Proben von den Schlacken, die während zweier, auf einander folgender Wochen aus einem und demselben Ofen gefallen waren, in welchem man Erze und kupferhaltige Substanzen von der in der Tabelle II. des Abschn. XIII. angegebenen Zusammensetzung, auf Rohstein verschmolz. Der Aufseher nahm von den Producten des Zerschlagens von den 4 Kuchen eines jeden Schmelzens 4 Stücke, die zusammen etwa 4 Kilogr. wogen und die so genau als es das Auge aufzufassen vermogte, die mittlere Zusammensetzung der unbrauchbaren Schlacke darstellten. Jedesmal wenn sich die Gelegenheit darbot, warf er ein Stückchen von den Schlacken, die wegen eines scheinbar zu hohen Kupfergehalts den Schmelzern zum Zuschlag zurückgegeben wurden, in eine Büchse. Die 4 Kilogr. armen Schlacken wurden unter Aufsicht des Beamten in einen groben Staub zerstoßen, welches auf einer gußeisernen Platte mit einem schweren eisernen Schlägel geschah. Von dem ganzen Product dieser Zerpulverung nahm ich etwa 20 Gramme und that sie sofort in ein mit der Ordnungsnummer versehenes Papier. Auf diese Weise erhielt ich in 14 Tagen 58 Proben, welche den mittlern Gehalt der wegzustürzenden Schlacken von 58 successiven Schmelzen darstellten. Ein 59stes Stück war aus allen den wegzustürzenden Schlacken zusammengesetzt, indem es von einem besondern Schlackenschmelzen herrührt, welches am Ende der zweiten Woche, ohne Zuschlag von geröstetem Erz gemacht worden war. Endlich die, wie schon bemerkt, in einer Büchse zusammengeworfenen, dann gemeinschaftlich zerpulverten Stückchen gaben

eine 60ste Probe, welche den mittlern Gehalt der reichen oder unreinen Schlacken, die beim Schmelzen Nr. II. wieder zugeschlagen werden.

Die zweite Reihe von Proben, die in der Absicht genommen worden ist, um den Gehalt der über die Halde gestürzten Schlacken zu bestimmen, ist dem Zufall nach auf der Halde der Hütte genommen worden. Jede Probe ist von 4 Stücken gebildet, die zusammen etwa 4 Kilogr. wogen, die aber stets an verschiedenen Puncten einer und derselben Schlackenmasse weggenommen worden sind. Auf diese Weise erhielt ich auch 58 zerpulverte Proben, von denen jede 20 Gramme wiegt, und welche den mittlern Gehalt eben so vieler Massen darstellen, welche nach Belieben von den Producten aller Oefen Nr. II. entnommen worden sind.

Darauf wurden die Proben von zwei Reihen von Neuem zerpulvert und durch ein sehr feines seidenes Sieb geschlagen. Mit diesem Pulver wurden die Proben und die Analysen angestellt, deren Gehalt wir hier mittheilen:

Mittlerer Kupfergehalt der weggestürzten Schlacken vom Schmelzen II.

1. Von den Producten 58 successiven Schmelzen eines Ofens.

Proben		Gehalt
2	Proben mit	0,009
1	= =	0,008
3	= =	0,007
10	= =	0,006
26	= =	0,005
11	= =	0,004
4	= =	0,003
1	= =	0,002
58	Proben mit einem Gesammt= und mittl. Geh.	0,0051

2. Von 58 Stücken nach Belieben von den Halden aller Oefen genommen.

Proben		Gehalt
1	Probe mit	0,012
2	Proben =	0,010
1	= =	0,009
3	= =	0,008
5	= =	0,007
8	= =	0,006
17	= =	0,005
13	= =	0,004
6	= =	0,003
2	= =	0,002
58	Proben mit einem Gesammt= und mittl. Geh.	0,0053

Die reichen Schlacken, welche alle 14 Tage durchgesetzt werden, wovon die unmittelbar weggeworfenen Schlacken einen mittlern Gehalt von 0,0051 haben, enthalten 0,008

Die weggestürzten Schlacken, die von einem besondern Verschmelzen der reichen Schlacken mit 0,008 Kupfergehalt kommen, enthalten nicht mehr als 0,003

Das Verfahren beim Probiren in den Waleser Hütten ist viel genauer als die chemischen Methoden. — Die von den über die Halde gestürzten Schlacken erlangten Resultate beweisen, daß selbst dann, wenn große Sorgfalt bei dem Probenehmen angewendet wird, es ganz unmöglich ist, auf die Angaben einer einzelnen Analyse zu rechnen, mag sie auch noch so genau sein. Die Unregelmäßigkeit, mit welcher das Kupfer in den Producten verbreitet ist, macht die Genauigkeit der Probe mit einem einzelnen Stück gänzlich illusorisch. Offenbar ist daher eine schnelle Methode, so wie sie z. B. in mehren Hütten auf dem Festlande befolgt wird und welche darin besteht, nur das Steinkorn zu wägen, welches man beim Probiren auf dem trocknen Wege erlangt hat, es ist, sage ich, ein solches Verfahren, eine Annäherung an eine weit höhere Ordnung der Dinge, als die bei einer Auswahl des zu probirenden Materials zu erlangenden.

Die Art des Probirens in den Waleser Hütten, nach welcher man den Kupfergehalt nach dem Auge tarirt, ohne irgend eine Wägung anzustellen, scheint mir sicherer zu sein, als die Probe auf trocknem Wege und selbst wie die genauere chemische Untersuchung. Die analytische Genauigkeit würde nur dann Nutzen haben, wenn sie auf die ganze, in feines Pulver verwandelte Schlackenmasse angewendet werden könnte. Wenn man nun, wegen der Unmöglichkeit eines solchen Verfahrens, sich darauf beschränkt, einige Stücke auszusuchen, welche so annähernd als möglich den mittlern Gehalt der Masse darstellen, so verfällt man von selbst auf eine Probe nach dem Ansehn. Es ist daher die Genauigkeit des chemischen Verfahrens, auf eine solche Substanz angewendet, einer vorherigen Untersuchung mit dem Auge gänzlich unterzuordnen. Es ist daher weit zweckmäßiger, sich an das System der Waleser Schmelzer zu halten, und darauf ausschließlich die Geschicklichkeit des Probirers zu beschränken.

Das genaue Studium des Hüttenwesens führt fast stets auf solche Folgerungen; für mein Theil habe ich darin oft die Erklärung erfolgloser Versuche von Verbesserungen gefunden, die durch das zu ausschließliche Studium der Physik und Chemie hergenommen worden waren. Schlappen der Art rühren nicht, wie man oft behauptet hat, von dem Widerstande der Empyrie gegen die Angaben der Theorie, sondern besonders daher, daß letztere, wegen Unkenntniß der Thatsachen, eine falsche oder unpassende Anwendung der Grundsätze der Wissenschaft vorschlägt. Es ist meine vollkommene Ueberzeugung, daß die physischen Wissenschaften auf die Praxis in den Werkstätten erst dann einen entschiedenen Einfluß ausüben können, wenn die dem Anschein nach einfachen, in der Wirklichkeit aber verwickelten Erscheinungen in dem Gebiete der Metallurgie, in ihren geringsten Details den Gelehrten bekannt sein werden, wie es bei den Arbeitern der Fall ist, welche seit undenklichen Zeiten die Ueberlieferung davon auf einander vererben.

Art der Verbindung, in welcher das Kupfer in den Schlacken enthalten ist. — Die bloße mineralogische Untersuchung der Schlacken von dem Schmelzen Nr. II. beweist, daß das Kupfer in denselben als Stein mechanisch eingemengt vorkommt. Da jedoch die Beschickung eine große Menge von Kupferoxyd enthält, so könnte man annehmen, daß ein wesentlicher Theil dieses Oxyds in Verbindung mit der Kieselerde und mit den andern metallischen oder erdigen Silicaten vorkommen könnte. Die von mir in dieser Beziehung angestellten zahlreichen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Waleser Schlacke nicht die geringste Spur weder von Kupferoxyd, noch von Kupferoxydul enthält (Absch. XVI. 6.). Diese Versuche haben mich zu einer Entdeckung geführt, die bis jetzt der Aufmerksamkeit der Metallurgen entgangen war und die, meines Erachtens, den allgemeinsten und wesentlichsten Charakter der Theorie der Verschmelzung der geschwefelten Kupfererze darbietet. Diese Thatsache, die sich ohne irgend eine Ausnahme bei allen Schlacken der sieben Hauptgruppen von Kupferschmelzhütten in Europa wiederholt, kann auf folgende Weise ausgedrückt werden. Wenn man zu gleicher Zeit den von der Verschmelzung der geschwefelten Kupfererze herrührenden Stein und die dabei gefallene Schlacke untersucht, so erkennt man, daß für eine gewisse Kupfermenge die Schlacke stets mehr Schwefel als der Stein enthält. Für die Waleser Schlacke besonders habe ich die folgenden Thatsachen festgestellt.

Der bei einem zweiwöchentlichen Betriebe in einem der Oefen Nr. II. producirte Stein enthielt durchschnittlich: Kupfer 0,346 und Schwefel 0,298.

Die zu gleicher Zeit von demselben Ofen gefallene Schlacke enthielt im Durchschnitt: Kupfer 0,005 und Schwefel 0,006. Das Verhältniß des Schwefels ist demnach:

Im Stein . . . . 0,86 oder 1,00.
In der Schlacke . . 1,20 = 1,40.

Einfluß eines besondern Agens des Eisen-Sulfo-Silicats. — Der Bildungszustand, in welchem sich der überschüssige Schwefel in der Schlacke befindet, kann nicht direct bestimmt werden. Wirklich zersetzen die Säuren zu gleicher Zeit die Sulfurete und die Silicate, und lösen ebenfalls die Oxyde der Silicate und die Metalle der Sulfurete auf. Allein die chemischen Analogien und die Gesammtheit der metallurgischen Thatsachen, die ich beobachtet habe, beweisen, daß in den Waleser Schlacken der überschüssige Schwefel als im Einfach-Schwefeleisen (Sulfure ferreux) vorhanden ist, in der Schlacke durch die Verwandtschaft des Eisenoxydul-Silicats (Abschn. XVI. 6.) aufgelöst, die eine Zusammensetzung bildet und die man Eisen-Sulfo-Silicat nennen könnte. Diese für den Chemiker wenig interessanten Zusammensetzungen sind dagegen bei gewissen metallurgischen Reactionen, wie ich weiter unten nachzuweisen Gelegenheit haben werde, sehr gewöhnlich und sehr wesentlich. Das fortwährende Vorhandensein des Eisen-Sulfo-Silicats in der Schlacke von der Verschmelzung der geschwefelten Erze erklärt das Nichtvorhandensein der Kupferoxyde vollkommen, weil das Dasein von diesen mit dem des Schwefeleisens unvereinbar ist. Das Kupferoxyd, welches sich zuvörderst durch die Einwirkung der Kieselerde aufzulösen sucht, wird durch die beiden Elemente des Schwefels reducirt; das gebildete metallische Kupfer trennt sich sogleich von der Schlacke, um sich im Stein abzusetzen oder aufzulösen.

Wichtigkeit des Eisen-Sulfo-Silicats im Kupferhüttenwesen. — Die wichtige Rolle des Eisen-Sulfo-Silicats wirft neues Licht auf das Kupferhüttenwesen; es erklärt z. B., wie man mit Hülfe besonders dazu eingerichteter Oefen, um die mechanische Trennung des Steins von den Schlacken zu bewirken, im nördlichen Europa dahin gelangt, um aus Beschickungen die sehr reich an Kupferoxyden und selbst an Kupferoxydul-Silicaten sind, Schlacken erhalten zu können, die nur 0,0002 Kupfer erhalten. Der Einfluß dieses Agens gestattet es auch, das Verfahren jener großen Schmelzhütten im östlichen Europa zu erklären, die, weil sie sehr reine oxydische Erze zu Gute zu machen haben, es vortheilhaft finden, mit großen Kosten Eisenkies in die Beschickung einzuführen[1]).

[1]) Bei dieser Gelegenheit muß ich eine Anekdote mittheilen, welche beweis't, daß die Hüttenarbeiter sehr gewöhnlich über die Prozesse, welche sie leiten und bei denen sie einwirken, weit genauere Begriffe haben, als Leute, welche das Hüttenwesen nicht genauer kennen, annehmen. Da das Studium des Waleser Kupferhütten-Prozesses meine Meinung von der Theorie der Verschmelzung geschwefelter Kupfererze fest gestellt hatte, so war es für mich von großer Wichtigkeit auf einer Reise nach Sibirien, im Laufe des Jahres 1844, die Bezirke zu besuchen, in denen oxydische Kupfererze gewonnen und zu Gute gemacht werden. Es setzte mich durchaus nicht in Erstaunen, als ich fand, daß die hauptsächlichsten von den dortigen Hütten schwefelhaltige Substanzen bei dem Schmelzen zuschlugen. Besonders widmete ich einer Hütte viel Zeit, in der man ein Erz, welches durchaus kein Schwefelkupfer enthält und welches hauptsächlich aus Oxyden und Carbonaten besteht, mittelst des Eisenkieses behandelt. Das Product dieses Schmelzens ist ein eisen- und kupferhaltiger Stein, der, nachdem er geröstet und dann mit Zuschlag von kieseligen Substanzen wieder durchgeschmolzen wird. Es erfolgt dann Schwarzkupfer und eine Schlacke, die reich an Kupferoxydul-Silicat ist und die bei dem Erzschmelzen auf Rohstein ganz und gar wieder zuge-

Chemische Zusammensetzung der Schlacken. — Die durchschnittliche Zusammensetzung der Schlacken von den Schmelzen II., bestimmt aus dem Gemenge der 58 Varietäten, die in 14 Tagen in einem Ofen hervorgebracht worden sind, in welchem man bestimmte Beschickungen zu Gute machte, kann unter den folgenden beiden Formen festgestellt werden:

Gebundene Kieselerde	0,300
Eingemengter Quarz	0,305
Eisenoxydul	0,285
Thonerde	0,029
Bittererde	0,006
Verschiedene Oxyde (von Zinn, Mangan, Nickel, Kobalt)	0,014
Kalkerde	0,020
Fluor	0,010
Calcium	0,011
Kupfer	0,005
Eisen	0,009
Schwefel	0,006
	1,000

Silicat ($B^6 Si^{10}$)	0,654
Fluor-Calcium	0,021
Einfach Schwefeleisen Fe S (verbunden mit Eisenoxydul-Silicat)	0,0055
Mechanisch eingemengter Stein	0,0145
Mechanisch eingemengter Quarz	0,305
	1,000

---

schlagen wird. Die Sorgfalt, mit der ich die Production der ersten Schlacke verfolgte, die in dieser Hütte einen Kupfergehalt von 0,002 bis 0,003 hat, zog die Aufmerksamkeit eines Schmelzermeisters auf sich, der in einer Anrede, deren ganzen Sinn ich hier nicht wiedergeben kann, zu einer der mich begleitenden Personen sagte: „Der Professor hat Recht, die Schlacke von dem Rohschmelzen mit der Loupe zu betrachten; er kann dadurch erkennen, ob unser Betrieb ein guter ist. Bei den Schlacken von dem Steinschmelzen ist es anders; das Kupfer verhält sich bei dem einen und dem andern eben so verschieden, wie das Salz und Fett in meiner Suppe: das Kupfer ist das Fett für die erste Schlacke und das Salz für die zweite." Diese Aeußerung, welche vollkommen die ganze Theorie umfaßte, über die ich seit 2 Jahren nachdachte, wurde mir hinterbracht und ich trat nun mit dem Schmelzer in nähern Verkehr, um seine Ideen gehörig aufzufassen. Ich erlangte die Ueberzeugung, daß er eine sehr gute Kenntniß, wo nicht eine unverwerfliche Theorie von der auflösenden Wirkung hatte, die auf das Kupfer sowohl bei dem Steinschmelzen als auch bei dem Rohschmelzen der oxydischen Erze ohne das Eingreifen des Kieses ausgeübt werde. Ich fand, daß er außerdem sehr gut den Einfluß des Schwefelkieses auf die Beschickung von oxydischen Erzen, welchen er im Ueberschuß zugesetzt worden, einsah. Da ich erklärt haben wollte, wie er eine Substanz, die schwerer sei, als die Flüssigkeit, zu welcher sie gethan wird, mit dem Fett vergleichen könne, zeigte er mir, wie dieser Vergleich sehr gut für die Schmelzer, die größere Schwierigkeit ihrer Arbeit, die Beharrlichkeit, mit der die Steinkörner oben schwimmen und die Verpflichtung ausdrücke, die an Steinkörnern reichen Schlacken zum Nachtheil der Arbeit und des Tagelohns der Schmelzer, welches nach dem Gewicht der zu Gute zu machenden Erze regulirt worden sei, nochmals durchzuschmelzen. Diese bemerkenswerthe Kenntniß sehr schwer zu fassender Erscheinungen bei einem sibirischen Schmelzer dürfte die Aufmerksamkeit derer erregen, welche annehmen, daß die physikalischen und chemischen Wirkungen der Metallurgie einer unwissenden Empyrie überlassen seien. Bei hundert andern Gelegenheiten habe ich Nutzen aus Unterredungen mit Arbeitern gezogen, und wenn ich mir nach so vielen Reisen einen Vorwurf mache, so ist es der, oft Bemerkungen von Praktikern unberücksichtigt gelassen zu haben, die mir unnütz oder ungenau erschienen, weil ich nicht vorbereitet war, sie zu verstehen. Uebrigens mögen Diejenigen, welche der Meinung sind, daß die Wissenschaft der Metallurgie von Denen, welche sie ausüben, nicht gehörig erkannt sei, und die sie als ein einfaches Corollarium der Grundsätze unserer heutigen physischen Wissenschaften ansehen, diese Meinung der Bestätigung der Erfahrung unterwerfen; sie mögen die Prozesse, welche ihres Erachtens nach bis jetzt der Empyrie überlassen waren, nach den Angaben ihrer Theorien nur selbst ausüben.

Erörterung über den, den Schlacken mechanisch beigemengten Quarz. — Eine der bemerkenswerthesten Thatsachen, welche diese Analyse enthüllt, welche aber schon aus dem bloßen Ansehn der Schlacke hervorgeht, ist die bedeutende Menge von Quarz, welche dem Silicat mechanisch beigemengt ist. Es erleidet gar keinen Zweifel, daß dieses Gemenge große Nachtheile hat; es ertheilt der Schlacke jene schwammige Consistenz, die sie so charakterisirt und dazu beiträgt, daß sie Steinkörner zurückbehält. Die Quarzbruchstücke selbst sind eine directe Ursach des Metallverlustes, weil sie hin und wieder in ihren Höhlungen und Klüften eine gewisse Quantität von kupferigen Substanzen zurückbehalten. Vergleicht man aber diese wirklichen Nachtheile mit denen, welche aus dem vollständigen Schmelzen der Quarzbruchstücke hervorgehen, so begreift man, daß das Verfahren der Waleser Schmelzer vollkommen zweckmäßig ist. Um den in der Beschickung enthaltenen Quarz gänzlich zu schmelzen, müßte man die Dauer der Schmelzungen wenigstens verdoppeln, welches den erlangten Vortheil der größern Reinigung der Schlacken vor dem Kupfergehalt wieder aufheben, ja übersteigen würde. Wenn man zur Beschleunigung der Wirkungen die Schmelzmaterialien in Schliech verwandelte, so würde man die Kosten dieses sehr weitläufigen mechanischen Prozesses zu tragen haben; die Hauptmasse der Schlacke, welche wegen ihrer Zusammensetzung (R^6 Si^{10}) sehr flüssig ist, würde durch die Auflösung des Quarzes die Zusammensetzung B^3 Si^{10} erlangen und die Zähigkeit der sehr viel Kieselerde enthaltenden Silicate annehmen. Was nun ferner den Grad der Flüssigkeit anbetrifft, so würde eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung zum Theil die Vortheile wieder aufheben, die man von einer vollständigern Schmelzung erlangen könnte. Wenn man endlich, um der gleichartigen Schlacke die ganze Flüssigkeit zu gewähren, die man erreichen kann, eine Quantität der Basis zuschlagen wollte, z. B. Eisenoxydul, die der des beigemengten Quarzes gleich kommt, so würde man Zuschläge machen müssen, die verschieden von denen sind, wie sie die Beschickung selbst gewährt. Dadurch würde die Schlackenmasse um etwa 40 Procent zunehmen; es würden folglich aber auch die Schmelzkosten und die Metallverluste durch den Einfluß der Masse 2c. vermehrt werden. Kurz, die seit einem Jahrhundert gemachten Versuche, um die Zusammensetzung der Schlacken zu verändern, haben meines Wissens stets das Resultat gehabt, das von den Schmelzern angenommene Verfahren zu bestätigen.

Physikalische Eigenschaften und chemische Zusammensetzung des Rohsteins. — Der Rohstein (Matte bronze), das Hauptproduct des Schmelzens II., zeigt sich, wenn er aus dem Cylinder kommt, in welchem er granulirt worden ist, in kleinen unregelmäßigen Körnern, die Aehnlichkeit mit denen des Geschützpulvers haben. Ihre äußere Farbe ist das Dunkelbraune; sie theilen sich sehr leicht durch den Stoß, und die frischen Flächen haben eine bräunlichrothe Farbe, die sehr verschieden von der ist, welche der Stein zeigt, welcher nicht im Wasser abgekühlt worden ist. Läßt man große Massen des Steins langsam erkalten, so hat er einen dichten, körnigen, gewöhnlich blasigen Bruch, dessen Farbe eine grünlich-braune Bronze ist. Die annähernde Probe des Rohsteins, der während derselben beiden Wochen von demselben Ofen erzeugt worden ist, hat bewiesen, daß der mittlere Kupfergehalt stets zwischen 0,29 und

---

Ich kann solchen Leuten die Versicherung geben, daß sie sehr bald von ihren irrigen Ansichten zurückkommen, daß sie sehr bald die wirklichen Fundamente der Metallurgie und die Mittel zu ihren Fortschritten in einem hellern Lichte sehen werden.

0,37 betragen hat. Die vollständige Analyse (Absch. XVI., 7.) eines Gemenges von allen in demselben Ofen gesammelten Stücken, gab die folgende Zusammensetzung:

Kupfer	0,337
Eisen	0,336
Nickel, Kobalt, Mangan . .	0,010
Zinn	0,007
Arsenik	0,003
Schwefel	0,292
Eingemengte Schlacke . . .	0,011
	0,996

In der Berechnung der metallurgischen Reaktionen (Abschn. XIII., Tabelle II.) habe ich folgende mittlere Zusammensetzung angenommen:

Kupfer	0,337
Eisen	0,342
Verschiedene Metalle . . .	0,015
Schwefel	0,295
Eingemengte Schlacken . . .	0,011
	1,000

Das Ganze der Studien, die ich über die Metallurgie des Kupfers gemacht habe, veranlaßt mich zu der Annahme, daß die Zusammensetzung des Waleser Steins durch die nachstehende Formel dargestellt werden kann:

$$3\ Cu^2\ Su + Fe^2\ Su^2 + 4\ (Fe, \text{verschied. Met.})\ Su.$$

Sie entspricht genau der folgenden Zusammensetzung:

Kupfer	0,346
Eisen	0,341
Verschiedene Metalle	0,015
Schwefel	0,298
	1,000

Spezifische Gewichte des Steins und der Schlacke. — Zur Bestimmung der Kraft, welche den Stein von der Schlacke zu trennen sucht, habe ich das spezifische Gewicht der beiden fein pulverisirten Körper sehr genau aufgesucht. Die Temperatur des destillirten Wassers, welches zur Vergleichung genommen wurde, beträgt + 12° C., und ich fand nachstehende Resultate:

Schlacke, enthaltend 0,015 Stein und 0,305 Quarz . .	3,21
Rohstein mit 0,337 Kupfergehalt	4,56

Jedoch steht die Kraft, mit welcher der Stein niederzufallen strebt, nicht immer im Verhältniß zu dieser Differenz. Um dies genau zu bestimmen, muß man nicht die Dichtigkeit des mechanischen Gemenges der drei Körper, welche die Schlacke des Schmelzens II., sondern die des Teiges, aus dem die Schlacke besteht, selbst berücksichtigen. Berechnet man diese Dichtigkeit nach der oben angegebenen Zusammensetzung, so beträgt sie 3,43.

Wenn man, um der Schlacke von dem Schmelzen II. die ganze Flüssigkeit zu geben, die sie erlangen kann, den darin gemengten Quarz gänzlich auflöste, indem man Eisenoxydul zuschlägt, so würde man eisenhaltige Schlacken erhalten, wie z. B. bei dem Schmelzen Nr. VI. Nun erhebt sich die Dichtigkeit dieser Schlacke auf 4,04 (siehe Abschn. VIII.) und ist daher von der des Steins wenig verschieden. Es zeigt sich daher noch ein neuer Nachtheil derjenigen Methode, welche darin bestehen würde, die Schlacke durch eine längere

Schmelzung und durch Zuschlag eines eisenhaltigen Flußmittels gleichartig zu machen.

Die blasige Beschaffenheit der Schlacken gestattet es nur dann, deren spezifisches Gewicht genau zu bestimmen, wenn sie vorher in ein feines Pulver verwandelt worden sind. Bei großen Stücken fiel die Dichtigkeit bis unter 1,4. Das dichteste Stück, welches ich finden konnte, zeigte bei einem Totalvolum von 130 Knbikcentimet., eine mittlere Dichtigkeit von 2,82; man darf daher die mittlere Dichtigkeit der Schlackenkuchen zu 2,40 annehmen.

Dieses Studium der spezifischen Schweren erläutert die Lagen der drei Bestandtheile der Schlacke in dem senkrechten Durchschnitt eines jeden Kuchens sehr gut; die Zone der Quarzbruchstücke würde den obern Theil eines jeden Kuchens bilden, und die Steinkörner würden sich an der untern Oberfläche ansammeln, wenn die beiden entgegengesetzten Flächen nicht sogleich durch den Einfluß der Luft und des Sandes erstarrten, ehe noch die innern Bewegungen vollständig vor sich gehen konnten.

Die am Ende des Abschn. XIII. befindliche Tabelle II. wiederholt ganz kurz die übrigen metallurgischen Reaktionen, die sich auf diesen Prozeß der Waleser Methode beziehen; ich halte es für unzweckmäßig, hier weitläufiger davon zu reden.

V. Dritter Prozeß.

Röstung des Bronze-Steins.

Zweck des Prozesses; Gränzen, zwischen denen die Röstung erhalten werden muß. — In Folge der vorhergehenden Prozesse, ist das Kupfer aus den armen Erzen in einem Stein concentrirt, in welchem das Metall fast ein Drittel von dem ganzen Gewicht bildet; man befindet sich fast in demselben Fall, als wenn man einen Kupferkies ohne Gangart zu Gute zu machen hätte. Die Schlacken von dem reichen Schmelzen IV., welches diese Substanz zuletzt erleidet, werden nie weggeworfen, und man braucht nicht zu fürchten, Oxyd in die Beschickung zu bringen, so wie es auch ganz unnütz ist, eine beträchtliche Menge von Schwefeleisen darin zu lassen. Die Behandlung des Rohsteins erfordert daher eine vorläufige Röstung, die aber viel weiter getrieben wird, als die der Erze; jedoch würde eine vollständige Röstung viel Zeit erfordern. Das Schmelzen IV., welches diesem Rösten folgt, erfordert, wie man im folgenden Abschnitte sehen wird, die Erhaltung einer gewissen Schwefelmenge in der Beschickung. Aus diesem doppelten Grunde hält man stets den Prozeß auf, ehe der Rohstein gänzlich zersetzt ist. Die Analyse der Producte, die wir weiter unten mittheilen, wird uns in den Stand setzen, die Gränzen, in denen sich die Praxis hält, näher nachzuweisen.

Transport der Materialien im Innern der Hütte. — Der Rohstein und die atmosphärische Luft sind die einzigen Materialien bei dem Prozesse. Das dabei angewendete Brennmaterial ist ein Gemenge von 0,77 Anthracit von geringerer Qualität und von 0,23 Steinkohlen, wovon die Tonne auf der Hütte 4,59 Schill. kostet.

Der granulirte Stein wird aus den temporären Magazinen u (Taf. III., Fig. 4.) weggenommen, in denen er in gleicher Sohle mit den Röstöfen oder

unter derselben aufgeschüttet wurde. Diese Magazine liegen möglichst in der Mitte von der Linie der Oefen, in denen das Material weiter verarbeitet wird. Den Transport bewirken die Röstarbeiter selbst; allein da ihre Kräfte dazu nicht auslangen, so sind ihnen Tagelöhner zur Hülfe gegeben. Der zuvörderst von einem Aufseher gewogene Rohstein wird in Trögen, mittelst eines Krahns, bis zu der Höhe der Förderbahn emporgehoben, welche die Trichter der Röstöfen bedient. Dort wird der Stein in Wagen geladen, diese werden nach den Oefen geschafft und über den Trichtern in diese entleert. Dieser Dienst ist, die Hebung abgerechnet, welche hier durch Menschenhände geschieht, so organisirt, wie bei den Erz-Röstöfen. Die Größe der Arbeit, welche dieser Transport erfordert, wird annähernd durch die folgenden Daten bestimmt:

Stein, der in einer Woche transportirt wird	253,7	Tonne.
Senkrechte Höhe der Förderbahn-Steigung	5	Met.
Horizontale Entfernung	40	=

Die zur Röstung des Rohsteins angewendeten Oefen haben dieselben Dimensionen und dieselben Einrichtungen, wie die zur Erzröstung angewendeten. Ihre Stellung in der Hütte und im Verhältniß zum Magazin u sind durch die Nr. 3, in Fig. 4., Taf. III. angegeben.

Personal und Material zur Röstung. — Jeder Ofen wird von zwei Arbeitern bedient. Jeder von ihnen macht eine 24stündige Schicht und ruht auch eben so lange, während sein Kamerad arbeitet. Dieses Steinrösten unterscheidet sich von dem Erzrösten, welches stets den Sonntag unterbrochen wird, dadurch, daß die Oefen stets im Betriebe bleiben, sowohl an Sonn-, als auch an Festtagen. Diese Einrichtung rührt daher, daß, da jeder Prozeß 36 Stunden dauert, er nicht füglich jede Woche unterbrochen werden kann. Die Arbeiten der Röster sind fast eben dieselben, wie bei der Erzröstung; außer ihrer Hauptbeschäftigung, der eigentlichen Leitung des Röstprozesses, müssen sie das Schüren besorgen, sie müssen die Reste von dem Klinker nach der Schlackenhalde transportiren, ferner den granulirten Stein nach den Trichtern der Oefen, und sie haben auch endlich die Verpflichtung, den Gaarmachern (Abschn. XII., X. Prozeß) bei dem Laden und Entleeren der Oefen Hülfe zu leisten. Die Fortschaffung des gerösteten Rohsteins liegt ihnen nicht ob; sein Behälter ist unter dem Ofen selbst, wohin er nach vollendeter Röstung gebracht wird. Die Schmelzer, welche ihn in den Prozessen IV. und V. weiter verarbeiten, nehmen ihn selbst dort weg, und die Röstarbeiter müssen ihnen nur bei der Füllung der Karren behülflich sein, welches der mühsamste Theil des Transports ist. Die Steinröster erhalten 4,67 Schill. für eine 24stündige Schicht und verdienen daher, bei dem fortgesetzten Betriebe, 16,33 Schill. wöchentlich oder täglich 2,33 Schill.

In einer Hütte, in der man wöchentlich 253,7 Tonnen Rohstein rösten soll, muß man 15 Röstöfen zur Disposition haben; und in diesem Fall muß man den Röstarbeitern 4 Tagelöhner von 17 bis 19 Jahren beigeben, welche ihnen beim Wägen und beim Transport des Steins Hülfe leisten; sie erhalten wöchentlich ein Lohn von 10 Schill. Endlich müssen auch 4 Aufseher für die Röstung vorhanden sein, von denen jeder ein Wochenlohn von 21 Schill. erhält. Diese Aufseher üben über die Röstarbeiter eine sehr scharfe Controle aus, damit dieselbe genau und regelmäßig ausgeführt wird, welches sich, wie schon im vorhergehenden Abschn. bemerkt wurde, gar nicht anders machen läßt.

Verfahren beim Rösten einer Charge. — Die Leitung des Feuers ist hier, wie bei allen Waleser Oefen, die wesentlichste von den eigentlichen Arbeiten

des Rösters; sie ist ganz dieselbe wie bei den Erzröstöfen. Alle Umstände der Vergasung des Brennmaterials und der Luftadmission in dem Feuerungsraum sind genau dieselben wie die, weiter oben in Abschn. III. beschriebenen, weshalb ich hier die Leser darauf verweise. Die eigentlichen wesentlichen Abänderungen, die erwähnt werden können, sind: die höhere Temperatur, die gegen das Ende des Prozesses entwickelt werden muß, so wie die bedeutendere Brennmaterialienmenge, die im Durchschnitt in der Stunde verbrannt wird. Man verbraucht hier in diesem Zeitraume 0,043 Tonnen, während bei der Erzröstung in derselben Zeit nur 0,035 Tonnen erforderlich sind. Jedoch findet dieser Mehrverbauch nur während der letzten 24 Stunden statt, indem während der ersten 12 Stunden des Prozesses die Verbrennung noch weit langsamer vor sich geht, als bei der Erzröstung.

Nachdem eine Charge mit gehöriger Sorgfalt abgeröstet worden ist, so schreitet der Arbeiter auf folgende Weise zum Entladen des Ofens, so wie zur Einsetzung einer neuen Charge. Er stellt sich nach und nach vor jede der Thüren und zieht die geröstete Substanz in deren Nähe, mit einer Krücke nach derselben und läßt sie durch die Oeffnung in der Sohle und in deren Gewölbe fallen. Darauf verschließt er die Thüre wieder, mehr oder weniger, je nach der Temperatur der äußern Luft, damit der Ofen bis zu dem zweckmäßigen Grade abgekühlt wird. Etwa 20 Minuten nach dem Anfang dieser Arbeit ist der Ofen gänzlich entleert und bereit, die neue Charge aufzunehmen; der Arbeiter läßt sie unmittelbar auf den Herd fallen, indem er die untern Register der beiden Trichter öffnet. Eine solche Charge wiegt stets 4,50 Tonnen und hat ein Volum von 1,96 Kubikmeter [1]). Gleichförmig auf dem Herde ausgebreitet, nimmt die Steinschicht auf demselben eine mittlere Dicke von 0,24 Met. ein. Dies Ausbreiten des Steins geschieht mittelst der Krücke und dauert etwa 16 Minuten. Sobald diese Arbeit beendigt ist, werden alle Thüren verschlossen, und man überläßt die Charge zwei Stunden lang bloß dem Einfluß der Flamme und des oxydirenden Gases.

Gegen das Ende des vorhergehenden Röstens hatte der Ofen eine sehr hohe Temperatur erreicht; es ist daher während der ersten 12 Stunden des neuen Prozesses, wenigstens gewöhnlich, nicht zweckmäßig, Klinker wegzunehmen. Demnach erscheint nach ohngefähr 6 Stunden, mit Ausnahme weniger kleiner leuchtender Puncte, der untere Theil des Rostes ganz dunkel. Während der folgenden 24 Stunden betreibt man die Vergasung lebhafter und nimmt daher etwa dreimal in 12 Stunden Klinker weg.

Es ist von Wichtigkeit, daß vom Anfang bis zu dem Ende der Röstung, der Stein unaufhörlich einer so hohen Temperatur unterworfen bleibt, als er nur ohne Zusammensintern der Körner ertragen kann. Erreicht man diesen Grad nicht, so wird der Stein nicht so vollständig geröstet, als zweckmäßig ist; übersteigt man ihn, so sintert der Stein zu Massen zusammen, auf welche die oxydirenden Gase wenig Einwirkung haben; das Endresultat ist auch eine unvollkommene Röstung. Ist die Arbeit gut geleitet, so behält das Material stets seine Pulverform; zwei Stunden nach dem Schluß der Thüren entwickelt es schon viel Schwefeldampf. Um ein zu schnelles Erhitzen des Ofens zu verhindern und um zu gleicher Zeit die Oberfläche auf eine zweckmäßige Weise zu erneuern ist es hinreichend, von diesem Augenblick ab, alle 2 Stunden ein

[1]) Ein directer Versuch zeigte mir, daß das Kubikmeter granulirter Rohstein 2320 Kiliogr. wiege.

Umrühren der Steinkörner zu bewirken. Bei einem guten Betriebe muß die Steigerung der Temperatur des Ofens auf folgende Weise bewirkt werden: In dem Augenblick, in welchem man den granulirten Stein ausgebreitet und die Thüre verschlossen hat, müssen alle Ofenwände dunkel sein, selbst während der Nacht, die Reflexe in der Nähe der Feuerbrücke, die von dem glühenden Brennmaterial hervorgebracht worden sind, abgerechnet; in diesem Zustande bleiben die Dinge 6 Stunden. Dann fangen die Chargen und die Ofenwände in der Nähe der Brücke zu glühen an; die Rothgluth pflanzt sich von dieser Seite bis zu dem Fuchs fort. Nach 12 Stunden ist die ganze Charge schwach rothglühend; bis zur 24sten Stunde nach dem Anfang des Prozesses hat sich die Stärke der Rothgluth sehr gesteigert und am Schluß, d. h. nach 36 Stunden, ist sie sehr lebhaft geworden. Die Erneuerung der Oberfläche geschieht auf zweierlei verschiedene Weise, entweder mit einer schmalen Schaufel, oder mit einer Krücke. Mit dem ersten Gezäh wird die Charge vollständig gewendet, zu welchem Ende der Arbeiter es schnell auf dem Herde hinschiebt, so daß es mit einer Schicht von dem Rostmaterial bedeckt wird und es dann etwa 30 Centim. auf einem von demselben freien Theile der Sohle seitwärts schiebt, und endlich durch Umwenden der Schaufel den Stein dort zurückläßt. Um dies Wenden regelmäßig ausführen zu können, läßt der Arbeiter einen Streifen von 0,30 bis 0,50 Met. ganz frei, das eine Mal an der Brücke, das andere Mal an dem Fuchs und fängt nun an der einen oder der andern Seite an, erst den leeren Streifen auf die angegebene Weise zu füllen, dann den leer gemachten u. s. w. Das Umrühren mit der Krücke hat die Erneuerung der Oberfläche ebenfalls zum Zweck, dann aber auch, das Aneinanderhängen der Körner zu vermeiden, wozu dieselben stets eine gewisse Tendenz haben. Man gelangt dahin, indem man das Material nach zwei entgegengesetzten Seiten hin durcharbeitet, indem man eine Reihe von Furchen in das Material zieht und mit der Schärfe der Krücke eine Folge von Stößen darauf führt. Beide Manipulationen werden abwechselnd, alle zwei Stunden etwa, ausgeführt; man macht ohngefähr 17 bei einer Charge und jede dauert etwa 12 Minuten.

Zeit, welche den verschiedenen Manipulationen gewidmet ist. — Während der ganzen Dauer des Abröstens einer Charge, erfordert die Leitung der Feuerung etwa die nachstehende Zeit:

6 Reinigungen des Rostes, jede 10′ dauernd, oder 60′ . .	1,00	Stunde.
Wegnahme von 0,159 T. Klinker und Transport nach der Halde	0,05	=
Einschüren von 1,543 T. Brennmaterial in etwa 30 Malen, jedes 2′ in Anspruch nehmend	1,00	=
Transport des Anthracit von der Niederlage bis zum Rost .	0,25	=
	2 St. 30′	

Berechnet man die Zeit, welche der Röstarbeiter zu seinen verschiedenen Beschäftigungen innerhalb der Schicht bedarf, so findet man, daß die letztere auf folgende Weise vertheilt ist:

Eigentliche Röstarbeit: Arbeit im Herde	0,182 Tage	0,604 T.
Desgleichen. Wartung der Oefen . .	0,422 =	
Transport des rohen und gerösteten Steins, der Brennmaterialien 2c.		0,240 =
Chargiren der Gaarmachöfen (X. Operation)		0,156 =
Summa:		1,000 T.

Alle Arbeiten zusammen erfordern etwa 10 Stunden, nämlich:

Röstarbeiten. Das Schüren, das Umrühren des Steins erfordern für jede Charge etwa 6¼ St. oder für 24 Stunden	4 St. 20'
Wägen und Transport des Steins. — Die 12, an jeder Thür vorhandenen Röstarbeiter transportiren im Durchschnitt täglich von den 36 T., welche zum täglichen Bedarf der Oefen erforderlich sind, 21,6 T. Das Uebrige wird durch die 4 Tagelöhner transportirt. Jeder Röstarbeiter hat etwa darauf zu verwenden:	5 = 00'
Aufladen des gerösteten Rohsteins. — Diese Arbeit wird zusammen mit den Schmelzern ausgeführt und erfordert etwa	0 = 20'
Hülfsarbeiten beim Gaarmachen (X. Prozeß)	0 = 20'
Summa:	10 St. 00'

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Der geröstete Stein ist das einzige feste Product des Prozesses; außerdem erhält man schweflichte und Schwefelsäure, die sich mit den Verbrennungs-Gasen entwickeln. Das Gewicht des Steins ist durch die Röstung wenig verändert; denn der durch die Metalle absorbirte Sauerstoff ist fast dem Schwefel gleich, den sie fahren lassen. Läßt man die entstandene Schwefelsäure unberücksichtigt, so läßt sich eine Bilanz zwischen den angewendeten Materialien und den Producten auf folgende Weise aufstellen:

Materialien.		Producte.		
Zu röstender Rohstein	0,804	Gerösteter Stein für IV.	0,586	0,783
Atmosphärischer Sauerstoff . .	0,196	Desgleichen „ V.	0,247	
	1,000	Schweflichte Säure		0,217
				1,000

Wie schon gesagt, bleibt der geröstete Stein vorläufig da liegen, wohin er aus dem Ofen gefallen ist, so daß auf die Röstung weiter kein Transport kommt. Aus diesem Behälter nehmen die Arbeiter der Prozesse IV. und V. den Stein in dem Maß, als sie ihn gebrauchen, weg.

Unausgesetzte Beaufsichtigung des Bronze-Stein-Röst-Prozesses. — Der vorliegende Prozeß ist derjenige von allen englischen Kupferhütten-Prozessen, welcher der schärfsten Controle bedarf, weil es kein bequemes Mittel giebt, um es nach den Producten zu beurtheilen, ob der Betrieb mit der gehörigen Regelmäßigkeit erfolgt ist. Die Arbeit ist ebenfalls mangelhaft, wenn man zu viel oder zu wenig feuert. Jedoch hat man nicht zu fürchten, daß der Arbeiter in den ersten Fehler verfällt; der Stein backt sogleich zusammen und der begangene Fehler wird sogleich sichtbar. Der Arbeiter hat alsdann auch große Mühe, um mit der Krücke wiederum einen normalen Zustand des Materials herbeizuführen. Feuert er zu wenig, so läuft er keine Gefahr dieser Art; hält er daher seinen Ofen stets unter der zweckmäßigen Temperatur, so kann er überzeugt sein, ein vollständig pulverförmiges Material zu erhalten, das alle äußern Kennzeichen eines guten Products, dagegen aber den wesentlichen Fehler hat, zu viel Schwefel und metallisches Eisen zu enthalten. Dieser Fehler zeigt sich erst beim Verschmelzen des Steins, also wenn es zu spät ist, ihn zu verbessern und wenn man auch nicht mehr den Arbeiter, der ihn veranlaßt hat, nachweisen kann. Da die Arbeiter ihre Oefen stets kalt zu halten suchen, so hat der die Röstung beaufsichtigende Beamte hauptsächlich dahin zu sehen, daß die Oefen genau die Temperatur haben, die bei einem guten Be-

triebe dem Zeitpunkt genau entspricht, der seit dem Anfange des Röstens einer Charge verflossen ist. In einer Hütte mit 15 Oefen sind 4 Aufseher beschäftigt, und um ihren Dienst zu erleichtern, läßt man sie alle gleich gehen. Die Aufmerksamkeit der Beamten ist dann nur darauf gerichtet, daß alle Oefen in jedem Augenblick die zweckmäßige Temperatur haben, und daß man in allen zu der gehörigen Zeit das Umrühren und sonstige Erneuern der Oberfläche besorgt.

Reparaturen der Oefen; Zeiten des Betriebs und des Nichtbetriebs. — Die Rohstein-Röstöfen sind nächst denen, welche man zum Prozeß IX. benutzt, die einzigen Oefen, welche in beständigem Betriebe erhalten werden, der nur dann unterbrochen wird, wenn Reparaturen erforderlich, oder wenn der Betrieb der Schmelzöfen zurück ist und Einstellung gewisser Röstöfen erfordert. In einer Hütte, in welcher] man durchschnittlich 253,7 Tonnen Rohstein verarbeitet, muß man 15 Röstöfen haben; da nun ein jeder von denselben 21 Tonnen wöchentlich verröstet, muß man dazu stets die durchschnittliche Zahl von 12,1 Oefen im Betriebe haben, während die übrigen reparirt oder in Reserve gehalten werden. Die Reparaturen erfolgen in denselben Zwischenräumen wie bei den Erzröstöfen, so daß bei jedem der 15 Oefen die Zeit zwischen Betrieb und Nichtbetrieb folgendermaßen vertheilt ist:

Wirkliche Betriebstage		294
Tage außer Betrieb:		
Sonn- und Festtage	0	
Reparaturen und Kaltlager	6	71
Reserve (mit Feuer auf dem Rost) . .	39	
Vollständiges Kaltlager	26	
		365

Röstkosten auf 1 Tonne Stein. — Die durch die Röstung von 1 Tonne Rohstein veranlaßten Kosten lassen sich auf die, in der folgenden Tabelle aufgestellte Weise berechnen:

Arbeitslöhne und Materialien.	Schichten.	Schichten-Lohn.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Röstarbeiter. — Eigentliche Röstung	0,400	2,33	0,932
Dieselbe. — Transport der Materialien und Producte	0,160	2,33	0,373
Tagelöhner. — Transport des Rohsteins	0,110	3,00	0,330
Beaufsichtigung	0,095	3,50	0,332
	0,765	2,57	1,967
Materialien.	Tonnen.	Kosten für die Tonne.	
Brennmaterialien zur Hauptarbeit	0,342		
Brennmaterialien zu Nebenarbeiten	0,068		
	0,410	4,57	1,874
Feuerfeste Ziegelsteine	0,003	22,00	0,066
Erhaltung des Inventars: Krücken, Schaufeln, Karren ꝛc.	—	—	0,100
Summa:	. . . .	. . . .	4,007

Veränderungen, welche die Röstung bei dem Stein hervorbringt. — Die Röstung verändert die physikalischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung des Rohsteins durch und durch. Die Körner des gerösteten Steins haben im Allgemeinen ein geringeres Volum als die des ungerösteten; sie sind mit einer bedeutenden Menge von Staub vermengt, welcher dem letztern vollständig fehlte. Die allgemeine Farbe des Products ist ein dunkles Schwarz mit einem leichten braunen Reflex, wobei aber die Körnerform des rohen Steins fast ganz bleibt, wogegen viele Körner völlig zerreiblich geworden sind und durch einen geringen Stoß zerfallen. Viele andere zeigen mitten in einer zerreiblichen Schale einen harten und dichten Kern, der aus gänzlich unberührtem Stein besteht. Dieser Stein ist von dem rohen wesentlich verschieden und zeigt stets, statt des matten Bruchs, welcher diesen letztern nach dem Granuliren charakterisirt, einen sehr deutlichen Metallglanz. Diese Stückchen zeigen gewöhnlich bronzene, gelbe, blaue, röthliche und bunte rc. Farbennüancen. Sehr häufig erkennt man in dem best gerösteten Stein kleine Bruchstücke, die aus einer Vereinigung von Körnern rohen Rohsteins bestehen, und die gewissermaßen eine oolitische Struktur haben. Ihr Bruch zeigt stets die Bronzefarbe, und sie beweisen eine unvollständige Röstung und erklären die Wichtigkeit, welche die Röstarbeiter darin suchen, dieses Zusammenbacken zu verhindern. Man bemerkt bei den Producten schlecht betriebener Röstungen Massen von der Größe eines Daumens, während bei gut und sorgfältig abgeröstetem Stein Stücke von der Größe einer Haselnuß selten sind.

Die Dichtigkeit des Steins wird durch die Röstung sehr vermindert; denn obgleich die Substanz die Gefäße, in welche man sie hinein thut, besser füllt, so habe ich doch bestätigt gefunden, daß der ungeröstete Stein, dessen Dichtigkeit 4,56 beträgt und von welchem das Kubikmeter 2320 Kilogr. wiegt, einen gerösteten Stein giebt, von dem das Kubikm. nur ein Gewicht von 1810 Kilogr. hat.

Der Mangel an besondern Lagerplätzen für den gerösteten Stein gestattet es nicht, durch eine unmittelbare Wägung den Verlust durch die Röstung zu bestimmen. Die Mannigfaltigkeit in den Details der Waleser Methode legte mir übrigens die Verpflichtung auf, Zeit und Geld, welche solche Untersuchungen veranlassen, auf wesentlichere Dinge zu verwenden; ich habe mich daher darauf beschränkt, den Schwefelgehalt des gerösteten Steins durch Proben, die 14 Tage hindurch mit der erwähnten Sorgfalt genommen wurden, zu bestimmen. Ich habe dadurch gefunden, daß derselbe Rohstein, welcher vor der Röstung 0,295 Schwefel enthielt, nach der Röstung nur noch 0,164 hatte. Daraus habe ich gefolgert, daß der Gewichtsverlust bei der Röstung nur 0,026 betrage und daß der geröstete Stein annähernd die folgende Zusammensetzung habe:

Zusammensetzung eines wenig gerösteten Bronze-Steins.

Unberührter Rohstein	0,549	Kupfer	0,346
Kupferoxyd	0,195	Eisen	0,351
Eisenoxyd	0,225	Verschiedene Metalle	0,015
Verschiedene Oxyde	0,020	Schwefel	0,164
Eingemengte Schlacke	0,011	Sauerstoff	0,113
	1,000	Eingemengte Schlacke	0,011
			1,000

Es ist wesentlich zu bemerken, daß diese Steine zu Beschickungen bestimmt waren, die weniger Schwefel enthielten, als es gewöhnlich bei den in Wales zu Gute gemachten der Fall ist. Eine Analyse, die noch später mit einem gut gerösteten Rohstein angestellt worden war, der für eine Beschickung bestimmt war, in der ein stärkeres Verhältniß von aus Chili eingeführtem Kupferstein gebracht wird, gab 0,117 Schwefel an. Die mit der Loupe untersuchten geschwefelten Theile zeigten seltner die Bronzefarbe, sondern die blauen und röthlichen Farben des Steins, der offenbar durch die Einwirkung des Rohsteins auf das durch die Röstung gebildete Kupferoxydul angereichert worden war. Die Analyse dieser Steinkörner, die durch eine lange Reibung von aller oxydirten Substanz befreiet worden waren, hat bewiesen, daß diese Körner im Durchschnitt 0,56 Kupfer enthalten. In ihrer Zusammensetzung nähern sie sich daher dem blauen Concentrationsstein, der ein Product des V. Prozesses ist. Nimmt man an, daß der geschwefelte Theil wirklich die Zusammensetzung des blauen Steins habe, so findet man, daß der normale geröstete Stein durch die Röstung 0,052 verliert und die folgende Zusammensetzung darbietet:

Zusammensetzung eines vollständig gerösteten Bronze-Steins.

Blauer Stein	0,502	Kupfer	0,356
Kupferoxyd	0,086	Eisen	0,361
Eisenoxyd	0,386	Verschiedene Metalle	0,016
Verschiedene Oxyde	0,014	Schwefel	0,117
Eingemengte Schlacke	0,012	Sauerstoff	0,138
	1,000	Eingemengte Schlacke	0,012
			1,000

Jedoch darf man durchaus nicht annehmen, daß man bei der gesammten Röstung dies Resultat erlange; sondern ich habe Grund zu der Annahme, daß die Zusammensetzung des gerösteten Rohsteins, wegen der gewöhnlichen Unregelmäßigkeit der Röstung, sich mehr dem oben angegebenen Durchschnitt nähere. Diesen letztern habe ich in den Berechnungen im Abschnitt XIII. (Tabellen III., IV. und V.) angenommen.

VI. Vierter Prozeß.

Darstellung des gewöhnlichen weißen Concentrationssteins, oder Verschmelzung des gerösteten Rohsteins mit reichen Erzen.

Zweck und Grundsätze des Prozesses. — In dem Zustande der größten Reinheit betrachtet (man sehe weiter unten die Resultate der chemischen Analyse), entspricht der weiße Concentrationsstein genau dem Halb-Schwefelkupfer Cu^2 Su der Chemiker. Es ist eins von den charakteristischen Producten der Waleser Methode, welche sich meines Wissens in den Kupferhütten anderer Gegenden nicht wieder findet. Auf dem europäischen Festlande sah ich diese Art von Stein ein einziges Mal bei Versuchen, die aber noch nicht Veranlassung zu einem regelmäßigen Betriebe gegeben haben.

Das Prinzip des Verfahrens bei der Darstellung des weißen Concentrationssteins besteht darin, den gerösteten Rohstein, das Hauptmaterial dieses Schmelzens, mit Kupfererzen zu beschicken, die fast gar kein Schwefeleisen enthalten, sondern hauptsächlich aus Schwefelkupfer, Kupferoxyd und Quarz in

solchen Verhältnissen bestehen, daß der Eisenkies der Schicht durch den Sauerstoff der Oxyde oxydirt wird; daß sich das ganze Kupfer mit dem überschüssigen Schwefel zur Bildung von Stein verbindet, während sich das Eisenoxyd mit der Kieselerde verbindet und in die Schlacke übergeht.

In der Praxis erlangt man jedoch solche scharf bestimmten Reaktionen nie regelmäßig, entweder weil es unmöglich ist, zwischen den Oxyden und Sulfureten der Beschickung ein bestimmtes Verhältniß festzustellen, oder weil man in den Oefen, in denen man die Schmelzung bewirkt, die letzten Theile der beiden genau zu einander äquivalenten Reagentien nie in gegenseitige Berührung bringen kann. Um die Reaktionen so vollständig als möglich zu machen, müßte man die Schmelzungen in die Länge ziehen, wodurch aber die Arbeitslöhne und der Brennmaterialienverbrauch erhöhet werden müßten. Die Erfahrung hat bewiesen, daß zur Erlangung der vortheilhaftesten Resultate es erforderlich ist, eine gewisse Eisenmenge in dem Stein, und in der Schlacke eine gewisse Quantität Kupferoxyd zu lassen. Die Anreicherung der Schlacke hat hier nicht das Nachtheilige, das sich beim Rohstein-Schmelzen zeigt, denn es wird diese Schlacke nie weggeworfen, und die Waleser Hüttenleute haben selbst ein Mittel gefunden, den Kupfergehalt vortheilhaft gewinnen zu können (siehe Abschn. VIII.). Man könnte selbst ohne Nachtheil und in Beziehung auf die endliche Benutzung dieser Schlacke, in der Schmelzschicht das Verhältniß der Oxyde selbst mit Vortheil erhöhen. Reicherte man die Schlacke noch mehr an, so würde man sicher dahin gelangen, die letzten Spuren von Schwefeleisen abzuscheiden und einen reinen weißen Concentrationsstein zu produciren, wie es bei einigen wenigen Prozessen wirklich der Fall ist. Um aber diese Gränze gewöhnlich zu erreichen, müßte man sie oft überschreiten, was einen großen Nachtheil haben würde. In diesem Fall würden die überschüssigen Oxyde auf das Kupferoxydul einwirken und würden auf Kosten des Steins eine gewisse Menge metallisches Kupfer darstellen. Nun ist aber, wie ich weiter unten nachweisen werde, das unter diesen Umständen producirte Metall stets von geringerer Qualität. Das Hauptprinzip des Schmelzens auf weißen Concentrationsstein besteht daher darin, diese Reduction des Kupfers möglichst zu vermindern, und um diesen Zweck unter den gewöhnlichen Bedingungen zu erreichen, muß man in dem Stein 4 bis 8 Proc. Eisen und 3 bis 5 Proc. Kupfer in der Schlacke zurücklassen.

Materialien; Transport in der Hütte. — Die Materialien zum Schmelzen auf weißen Concentrationsstein sind sehr mannigfach. Mit dem gerösteten Rohstein, der immer mehr als die Hälfte der Schicht bildet, beschickt man die ungerösteten Erze 4. Classe, deren Zusammensetzung weiter oben im zweiten Abschn. angeführt worden sind und die meistentheils aus fremden Bergrevieren, wie aus Chili, Peru, Toskana, Australien ꝛc. kommen. Es werden ferner dieser Beschickung noch die Schlacken von dem Schwarzkupfer-Schmelzen und von dem Gaarmachen (Prozesse IX. und X.) zugesetzt, die im Wesentlichen aus Kieselerde und Kupferoxydul bestehen. Das kupferhaltige Gekrätz aus den Oefen aller Prozesse, welches hauptsächlich durch seinen Kieselerde-Gehalt wirkt; verschiedene. weiter oben beschriebene Hüttenproducte, die von fremden Prozessen herrühren, besonders der Hammerschlag und andere Abgänge von den Kupferwalzwerken; endlich die erdigen Materialien, die während des Schmelzens selbst von der Sohle und den Wänden des Ofens abgelöst werden und die der Beschickung beträchtliche Kieselerdemengen liefern. Die Feuerung erfolgt durch

die Vergasung von 0,74 Anthracit und 0,26 Steinkohlen, die in der Hütte 4,89 Schill. kosten.

Der Transport des gerösteten Steins und der ungerösteten Erze zu den Oefen erfolgt ausschließlich durch die Schmelzer. Der erstere wird, wie im Abschn. V. bemerkt wurde, aus den Räumen unter den Röstöfen weggenommen, wobei die Röstarbeiter helfen. Die ungerösteten Erze befinden sich in Magazinen i i (Fig. 4., Taf. III.), die zwischen den Erzröstöfen (I. Prozeß) liegen, wohin sie durch eine geneigte Ebene und eine Dampfmaschine transportirt worden sind. (Siehe übrigens die Abschn. III. und XVII.) Die Schmelzer müssen auch noch das Gekrätz von dem Haufen v (Fig. 4., Taf. III.), wo es geschieden worden ist, und den Hammerschlag aus dem nahen Magazin o o (Fig. 4., Taf. III.) herbeischaffen, woselbst sie einstweilen aufbewahrt werden. Die Schlacken vom Schwarzkupferschmelzen und vom Gaarmachen werden von den Arbeitern, von deren Oefen sie fallen, sogleich zu den Schmelzöfen zum vorliegenden Prozeß geschafft. Zusammengenommen giebt der Transport der Materialien, den die Schmelzer täglich für einen Ofen zu bewirken haben, folgende Arbeitsmengen:

2,002 T. gerösteter Rohstein,	transportirt	15	Met. weit,	gehoben	4	Met.	hoch.
0,870 T. ungeröstetes Erz,	„	45	„	„	5	„	„
0,214 T. Ofengekrätz,	„	60	„	„	3	„	„
0,024 T. Hüttenproducte	„	100	„	„	3	„	„

Personal und Inventar zum vorliegenden Prozeß; hauptsächliche Arbeiten. — Die Oefen Nr. 4 (Taf. III., Fig. 4.), welche zu diesem Schmelzen angewendet werden, haben dieselbe Form und dieselben Dimensionen wie die, welche zum Schmelzen des Rohsteins dienen. Jedoch hat die Herdsohle keine Vertiefung, wie bei den letztern Oefen, die den Zweck hat, die Berechnungsoberfläche zwischen Stein und Schlacke möglichst zu beschränken. Bei den Oefen IV ist es von Wichtigkeit, daß die Berührung auf der genzen Oberfläche des Ofens stattfinde. Der Herd erhält zu dem Ende nur einen schwachen, ganz gleichförmigen Fall, der hinreichend ist, um allen geschmolzenen Substanzen einen Abfluß nach dem Abstichloch zu verschaffen, welches an der einen langen Seite angebracht worden ist.

Jeder Ofen wird von zwei Schmelzern bedient, die sich nach getroffener Uebereinkunft, entweder nach gemachten zwei Schmelzen, oder nach abwechselnden 12stündigen Schichten ablösen. Zu den Schmelzern müssen zuverlässige und intelligente Arbeiter genommen werden, da sich ihr Prozeß auf keine wirksame Weise controliren läßt, und da die sehr verschiedenartige Beschaffenheit der Bestandtheile der Beschickung und besonders die reichen ausländischen Erze es durchaus erfordern, daß bei der Bildung der Beschickung die Schmelzer mit eingreifen, indem sie allein im Stande sind, den Betrieb, seine Erfordernisse und sein Verhalten genau kennen zu lernen. Die Schmelzer erhalten ein höheres Lohn als die bei dem Schmelzen II.; es beträgt für die 12stündige Schicht 5 Schill.; sie machen in der Woche durchschnittlich 11 Schichten und erhalten dafür, jeder 27,50 Schill. In jeder Woche muß von 8 Schmelzern einer in der Nacht vom Sonntag auf den Montag eine Extraschicht machen, um die vier Oefen, zu denen die 8 Arbeiter gehören, wieder in die gehörige Schmelzhitze zu bringen. Das Lohn von 27,50 Schill. vertheilt sich daher wirklich auf 5,62 Schichten von 12 Stunden und beträgt demnach das Lohn für eine 4,893 Schill. So wie bei allen Oefen der Schmelzhütte (mit Ausnahme der Röstöfen), ist auch bei jedem Ofen IV ein Knabe von 10 bis 15

Jahren beschäftigt, der ein Tagelohn von 0,85 Schill. erhält und der Feuermaterial zum Ofen und Klinker von demselben wegschafft.

Die Arbeit der Schmelzer besteht in der Leitung des Feuers, in dem Wägen der Beschickung und in ihrem Transport vom Beschickungsboden, in der Füllung der Trichter, in der Leitung des eigentlichen Schmelzens und in dem Transport der Schlacken zu deren provisorischer Ablagerung.

Die Leitung des Feuers erfolgt ganz auf dieselbe Weise wie beim Schmelzen Nr. II, jedoch mit dem Unterschiede, daß man in einer gewissen Zeit etwas mehr Brennmaterial verbraucht. Man schürt in der Schicht durchschnittlich 10mal und wirft jedesmal 0,176 Tonnen auf und verbrennt in 24 Stunden 3,524 Tonnen. Die Chargen der Schmelzmaterialien sind nicht viel größer, als bei dem Schmelzen Nr. II; sie bleiben etwa 2 Stunden länger in dem Ofen. Aus diesem doppelten Grunde ist die von dem Ofen und von den Schmelzmaterialien am Ende einer jeden Charge erlangte Temperatur weit höher als beim II. Prozeß; im Augenblick des Abstichs hat der Ofen die stärkste Weißglut erreicht. Dieser starke Hitzgrad beschränkt auch die Dauer der innern Wände und besonders der des Feuerungsraumes und des Gewölbes auf eine weit kürzere Zeit, als bei den andern Oefen. Aus diesem Grunde findet zwischen der ganzen Anzahl der zum Schmelzen IV erforderlichen und der durchschnittlichen Zahl der im Betriebe stehenden Oefen eine weit größere Verschiedenheit statt.

Allgemeine Grundsätze über die Zusammensetzung der Chargen; mittlere Resultate. — Die Charge besteht gewöhnlich aus 1,60 T. kupferhaltigen Substanzen, ohne das Ofengekrätz und die von dem Herde und den Wänden des Ofens entnommenen erdigen Substanzen. Allein diese Zusammensetzung und das absolute Gewicht erleiden, nach der Beschaffenheit des anzuwendenden Materials, sehr wesentliche Veränderungen. Der Zweck, den der Schmelzer zu erreichen strebt, besteht darin, in möglichst constanten Verhältnissen einestheils den Schwefel mit dem Kupfer zu verbinden, die nach der gegenseitigen Einwirkung der Sulfurete und der Oxyde, im Wesentlichen den Stein bilden, anderntheils die Kieselerde mit dem Eisenoxyd zur Schlacke zu vereinigen. Nun findet sich aber das Kupfer besonders als Oxyd und als Sulfuret in dem gerösteten Stein; als Oxyd in den reichen Erzen, so wie in den Schlacken von dem Schwarzkupferschmelzen und Gaarmachen. Den Schwefel geben hauptsächlich der geröstete Stein und im geringern Verhältniß das aus Chili eingeführte reiche Erz und Kupferstein; das Schwefeleisen kommt ausschließlich von dem gerösteten, so wie von dem reichen Stein aus Chili; das Eisenoxyd kommt hauptsächlich von dem gerösteten Stein und in geringerm Verhältniß von den Erzen und den Schlacken des Schwarzkupferprozesses; die Kieselerde endlich, außer der, welche im fast constanten Verhältniß von dem Sandherde und den Ziegelsteinwänden herrührt, wird von den Erzen, von dem Ofengekrätz und in geringerer Quantität von den Schlacken vom Gaarmachen und Schwarzkupferschmelzen geliefert. Von allen diesen Elementen ist die Zusammensetzung der reichen Erze am schwankendsten. Die wichtigste Aufgabe des Schmelzers ist daher die, der Beschaffenheit des gegebenen Erzes das Verhältniß der andern Elemente unterzuordnen. Ein sehr viel Kupferoxyd enthaltendes Erz, dessen Gangart Eisenoxyd haltig ist, müßte mit einem bedeutenden Verhältniß von geröstetem Stein, hauptsächlich aber mit Ofengekrätz beschickt werden. Ein viel Schwefelkupfer und Quarz enthaltendes Erz wird sich im entgegengesetzten Fall befinden; es könnte in gewissen Fällen die Beschickung

des Gekrätzes entbehren, und es würde dagegen ein starker Schlackenzuschlag zweckmäßig sein. Bei dem gewöhnlichen Betriebe, bei welchem das Gewicht der eigentlichen kupferhaltigen Substanzen auf 1,60 T. steigt, besteht eine Charge durchschnittlich aus folgenden Substanzen:

Kupferhaltige Substanzen.	Gerösteter Stein	1,001 T.	1,600 T.
	Reiche Erze	0,435 =	
	Schwarzkupfer-Schlacken	0,108 =	
	Gaarmach-Schlacken	0,043 =	
	Kupfrige Producte (7. Classe) . . .	0,012 =	
Zuschläge.	Ofengekrätz	0,107 =	0,193 =
	Herdsand	0,075 =	
	Ziegelsteine von den Ofenwänden . .	0,811 =	
			1,793 T.

Bearbeitung einer Charge. — Nachdem der Ofen von der letzten Charge, die verarbeitet worden, entleert worden ist, fängt der Schmelzer sogleich eine andere Charge an, indem er das Register des Trichters aufzieht und die in demselben befindlichen pulverförmigen Substanzen, nämlich: gerösteter Stein, reiche Erze und Hammerschlag von den Walzwerken, auf die Herdsohle fallen läßt. Nachdem das Register wieder verschlossen ist, öffnet er die Arbeitsthür, welche bis dahin verschlossen gehalten wurde, und zieht mittelst der Krücke die Schmelzmaterialien zu einer möglichst gleichförmigen Schicht aus. Er vollendet die Ladung, indem er mit der Schaufel auf die ganze Oberfläche der Beschickung das Ofengekrätz, so wie die Schlacken wirft, welche in Stücke von Daumengröße zerschlagen worden sind. Nach Verlauf von 12 Minuten, welche diesen verschiedenen Arbeiten gewidmet sind, läßt der Schmelzer die Arbeitsthür herunter, deren Rahmen inwendig mit Ziegelsteinen ausgesetzt ist, und verstreicht die Fugen mit Lehm, worauf man die ganze Charge ihrer gegenseitigen Einwirkung und dem der Hitze überläßt.

Jeder im Dienst bei einem Ofen befindliche Arbeiter verrichtet während des Schmelzprozesses ähnliche Arbeiten, wie die beim Schmelzen II. angegebenen. Sie bestehen darin, den überflüssigen Klinker abzunehmen, die Oeffnungen zum Eindringen der Luft vorzurichten und den Feuerungsraum mit Brennmaterial angefüllt zu erhalten. Die durch diese Arbeiten nicht in Anspruch genommene Zeit wird fast ganz und gar mit dem Transport der Materialien und Producte ausgefüllt. Zur Ausfüllung der Trichter vereinigen sich vier Arbeiter zum gemeinschaftlichen Verfahren, wie beim Schmelzen II. angegeben worden ist. Die Materialien dagegen, welche durch die Ofenthür auf den Herd getragen werden, so wie die beiden Producte des Schmelzens, weißer Concentrationsstein und Schlacke, transportirt jeder Schmelzer in einem Karren zu und von dem Ofen.

Wenn man seine Augen daran gewöhnt, den Glanz der im Innern des Ofens entwickelten starken Hitze zu ertragen, so wird man finden, daß die Charge nach und nach folgende Erscheinungen zeigt. Die Materialien fritten sich an der Oberfläche rasch zusammen, ohne jedoch in gänzliche Schmelzung überzugehen. Erst nach einer Stunde zeigen sich die Zeichen der Schmelzung durch die Bewegung, welche der erweichten Masse durch die sich entwickelnden Gase mitgetheilt werden. Etwa drei Stunden nach dem Anfange des Prozesses erkennt man, daß die unvollkommenen geschmolzenen Materialien, welche noch die Oberfläche der Charge bedecken, theilweise auf einem Bade der geschmolzenen

Substanzen schwimmen. Nach 4 Stunden ist die Oberfläche des Bades zum Theil entblößt, vorzüglich auf dem mittlern Theil der Sohle. Die Oberfläche der Flüssigkeit wird durch keine Gasentwickelung bewegt, während die schlackigen Substanzen an dem Umkreise des Bades stets häufige Zeichen des Aufblähens zeigen. Ein dem Abstechen vorhergehendes Umrühren löset einige, noch nicht geschmolzene, zusammengebackene Massen von den Wänden ab, und zeigt auch, daß die Schlacke zu Ende des Schmelzens eine sehr große Flüssigkeit erlangt. Bei einem letzten starken Feuern läßt das Aufkochen, welches durch die schnelle Schmelzung dieser letztern Materialien veranlaßt wurde, bald nach, so daß die metallische Flüssigkeit nach vollendeter Schmelzung ruhig bleibt.

Da der Schmelzer etwa eine halbe Stunde vor dem Ende der Operation den Transport aller Materialien vollendet hat, so verwendet er nun seine ganze Aufmerksamkeit auf die sich im Ofen zeigenden Erscheinungen. Wenn es nöthig ist, so bestimmt er durch Untersuchung des Steins und der Schlacken von dem vorhergehenden Abstich, oder durch den Anblick der in der Bearbeitung begriffenen Charge, die Zweckmäßigkeit, in einigen Puncten die bisherige Zusammensetzung der Beschickung zu verändern. Zuweilen zeigt der Zustand der Charge, daß dies erforderlich war, und es muß eine unvollständige Schmelzung der Materialien durch ein Umrühren verbessert werden, welches etwa 5 Minuten dauert und worauf immer ein letztes starkes Feuer folgt. Die letzten Augenblicke des Schmelzens werden gewöhnlich dazu angewendet, um mit der Schaufel, in einer zu diesem Zweck in der Nähe der Abstichöffnung vorhandenen Sandmasse einen Graben [1]) zur Aufnahme der beiden Producte der Schmelzung vorzurichten.

Nach Verlauf von etwa 5 Stunden, 47 Minuten von dem Zeitpunct des Anfangs der Ladung des Ofens angerechnet, öffnet der Arbeiter mittelst eines Spießes, auf den schwere Hammerschläge geführt werden, die Abstichöffnung, die wie immer durch festgewordenen thonigen Sand verschlossen ist. Der Stein fließt zuerst ab und ihm folgt die flüssige Schlacke. Sobald das Abstechen aufhört, welches etwa nach 8 Minuten der Fall ist, so verschließt der Arbeiter die Oeffnung mit feuchtem thonigen Sand und beginnt sogleich eine neue Charge. Die vollständige Dauer des Schmelzens einer Charge beträgt demnach 5 Stunden, 55 Minuten.

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Außer dem weißen Concentrationsstein, welcher das Hauptproduct bildet, erhält man noch bei diesem Schmelzen Schlacken, welche einen sehr bedeutenden Kupfergehalt haben und bei dem Hüttenprozeß eine sehr nützliche Rolle spielen. Man macht gewöhnlich davon zwei Theile von einem sehr ungleichen Gehalt: der reichste Theil umfaßt die Schlacken, welche an der Berührung des Steins erstarren, so wie alle diejenigen, welche sich bei den Prozessen bilden, in denen das Kupferoxyd zufällig und in Folge einer schlechten Beschickung zu viel vorhanden ist. Der andere Theil besteht aus den ärmsten Schlacken, welche oben von dem Stein entfernt, sich abgesetzt haben, so wie auch aus allen denen, welche von Beschickungen gefallen sind, worin der Schwefel zu vorherrschend ist. Die erstern werden in einem besondern Schmelzen behandelt (Prozeß VI.); die zweiten werden, wie schon bemerkt, bei dem Schmelzen II. zugeschlagen, bei welchem sie die Rolle des Zuschlags spielen, so daß ihr ganzer Kupfergehalt gewonnen wird.

---

[1]) Die Einrichtung dieses Abstichgrabens ist dieselbe, wie bei den Oefen zum Schlackenschmelzen. (S. Taf. II., Fig. 6.)

Die häufigen Reparaturen der Oefen, welche vom Schmelzen Nr. IV veranlaßt werden, liefern auch noch eine gewisse Menge von Gekrätz, welches bei dem Schmelzen selbst zugeschlagen wird, wozu auch dasjenige Gekrätz kommt, welches bei allen Oefen zum Schmelzen und Gaarmachen erfolgt. Endlich erzeugt die gegenseitige Einwirkung der Sulfurete und Oxyde, so wie der Einfluß der Hitze auf die rohen Erze, eine Entwicklung von schweflichter Säure, Wasser und Kohlensäure.

Eine annähernde Bilanz der Materialien und Producte von dem Schmelzen IV ist die folgende:

Materialien.		Producte.	
Gerösteter Stein von III . . .	0,559	Weißer Stein, für IX	0,402
Ungeröstetes Erz (4. Classe) .	0,243	Arme Schlacke, für II	0,261
Kupferhalt. Prod. (7. Cl.) . .	0,007	Reiche Schlacke, für VI . . .	0,281
Schwarzkupferschlacke (IX. Prozeß)	0,060	Ofengekrätz, für IV	0,009
Gaarschlacken (X. Proz. . . .	0,024	Schweflichte Säure	0,043
Gekrätz (von II und IV bis X)	0,060	Wasser und Kohlensäure . . .	0,004
Erdige Substanzen:			1,000
Sand	0,041		
Ziegelsteine	0,006		
	1,000		

Der Schmelzer scheidet nun sorgfältig den Concentrationsstein und die beiden Sorten von Schlacken. Damit aber diese Substanzen gehörige Zeit sich abzukühlen haben, läßt er sie so lange liegen, bis daß das Material zu der folgenden Charge herbeigeführt worden ist, worauf der Concentrationsstein zu den Schwarzkupferöfen (IX. Prozeß) und die Schlacken nach den provisorischen Magazinen x x (Taf. III, Fig. 4), die sich in der Nähe der Oefen Nr. IV befinden, transportirt werden. Aus diesen Magazinen werden sie von den Arbeitern der Prozesse II und VI weggenommen. Man zerschlägt diese Schlacken gröblich, um davon die Stückchen des weißen Concentrationssteins zu trennen, die mechanisch damit vermengt sind.

Zeitvertheilung auf die verschiedenen Arbeiten. — Jeder Arbeiter ist von seiner Schicht wirklich 9 St. 30′ d. h. $\frac{4}{5}$ derselben in Arbeit. Die wirklich der Arbeit gewidmete Zeiteinheit vertheilt sich annähernd auf folgende Weise:

Transport der Materialien		0,47
Leitung des Feuers in den im Betriebe, in Reserve oder in Reparatur stehenden Oefen	0,11	0,21
Laden, Umrühren, Abstechen ꝛc.	0,10	
Transport der Producte		0,32
		1,00

Zeit des Betriebes und des Nichtbetriebes bei jedem Ofen. — Jeder Ofen setzt wöchentlich, in den 130 Stunden von Montag Morgens um 6 Uhr bis zum Sonnabend Nachmittag um 4 Uhr, 22 Chargen durch. In einer Hütte, in der man wöchentlich 169,1 T. gerösteten Stein und 73,5 T. ungeröstetes Erz mit den erforderlichen Zuschlägen verschmilzt, müssen daher durchschnittlich stets 7,67 Oefen in fortwährendem Betriebe stehen und mit den in Reserve und wirklich kalt stehenden Oefen muß die Anzahl 10 betragen. Die jährliche Benutzung eines jeden von diesen Oefen wird durch die folgenden Zahlen bestimmt:

Betriebstage		235
Tage, an denen der Ofen außer Betrieb ist:		
Sonn- und Festtage	56	130
Reparaturen und Anfeuern	32	
Reserve (mit Feuer auf dem Rost)	25	
Kaltlager	15	
	Summa	365

Das relative Verhältniß der Tage des Nichtbetriebs zu denen des Betriebs ist viel größer, als bei den Oefen, die zum Rohsteinschmelzen (Nr. II) dienen. Reparaturen sind weit häufiger, und Arbeitsunterbrechungen, durch die ungleiche Ankunft der reichen Erze veranlaßt, kommen auch nicht selten vor. Der Feuerungsraum und die Feuerbrücke müssen alle 3 Monate wieder hergestellt werden. Der Ofen selbst muß vollständig nach jedesmaligem 2jährigen Betrieb umgebauet werden.

Schmelzkosten auf 1 Tonne Materialien. — Um die Kosten zu bestimmen, welche dieser Prozeß veranlaßt, nehme ich an, daß sie nur auf gerösteten Stein und auf ungeröstete Erze angewendet werden und daß die übrigen Bestandtheile der Beschickung nur als Zuschläge angesehen werden. Von diesem Gesichtspuncte ausgehend, lassen sich die Schmelzkosten auf 1 Tonne der Materialien (d. h. 0,691 T. gerösteter Stein, 0,301 T. ungeröstetes Erz, 0,008 T. Hammerschlag) folgendermaßen bestimmen:

IV. Schmelzkosten für weißen Stein, für 1,000 Tonne Materialien (0,691 T. gerösteten Stein, 0,301 T. ungeröstetes Erz und 0,008 T. Abfälle) bei den Walzwerken).

Arbeitslöhne und Materialien.	Schichten.	Schichten-Lohn.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Schmelzer. — Eigentliche Schmelzarbeit	0,080	4,89	0,391
Dieselben. — Transport	0,273	4,89	1,335
Knaben. — Transport des Brennmaterials und des Klinkers; Scheidung der Cinders	0,118	0,85	0,160
	0,541	3,846	1,886
Materialien.	Tonnen.	Kosten für die Tonne.	
Brennmaterial zur Schmelzarbeit	0,654		
Desgl. zu Nebenarbeiten	0,300		
	0,954	4,89	4,665
Sand zum Herde	0,062	2,75	0,171
Feuerfeste Ziegelsteine	0,012	26,00	0,312
Feuerfester Thon	0,002	8,00	0,016
Unterhaltung des Inventars	—	—	0,126
Summa:	....	....	7,176

Physikalische Eigenschaften und chemische Zusammensetzung des weißen Concentrationssteins. — Dieses Product zeigt in seinem reinsten Zustande eine helle, graulich-weiße Farbe. In größern Massen ist sein Bruch eben mit

einigen Andeutungen einer krystallinisch-strahligen Structur. In kleinen Stücken ist der Bruch körnig, mit einer Menge kleiner Blasenräume, deren größte einen Stecknadelknopf nicht übersteigt. Das Ganze dieser äußern Kennzeichen erinnert in vielen Stücken an den Yorkshirer Gußstahl. Niemals habe ich in diesem reinen weißen Concentrationsstein die geringste Spur von metallischem, mechanisch beigemengtem Kupfer auffinden können.

Der beim Schmelzen IV producirte Stein hat gewöhnlich Kennzeichen, welche zwischen den angedeuteten und denen eines andern Typus von bläulichem Grauschwarz, zuweilen mit violetten und röthlichen Reflexen, so wie mit mechanisch eingemengten kleinen Schüppchen von metallischem Kupfer, die mehr oder weniger irisiren, in der Mitte stehen. Der Bruch ist dicht, eben, oft glasig und muschlig; Blasen findet man in dieser Abänderung gewöhnlich weniger, als in dem weißen Stein. Besonders charakteristisch für die bläuliche Varietät und wodurch sie sogleich von der andern unterschieden werden kann, ist das Vorhandensein von metallischem Kupfer, welches in sehr feinen Theilchen besonders in den Blasenräumen vorkommt.

Dieses gewöhnliche Vorkommen des metallischen Kupfers in dem Stein, der am meisten Schwefeleisen enthält und sein gänzliches Fehlen in den kupferreichsten Varietäten bilden eine Eigenthümlichkeit, deren Erklärung ich durch eine Reihe von Versuchen gefunden habe, die weiter unten mitgetheilt werden. Da ich dieselbe Erscheinung später unter andern Bedingungen in den größten Kupferhütten des europäischen Festlandes und Sibiriens wiedergefunden habe, so konnte ich mich überzeugen, daß diese Erscheinung an eine der am meisten charakteristischen Eigenschaften des Kupfersteins gebunden war. Bei dem Schmelzen Nr. V komme ich auf diesen Gegenstand zurück, da dort dieser Absatz des metallischen Kupfers weit häufiger und unter weit eigenthümlichern Bedingungen stattfindet, als beim Schmelzen Nr. IV.

Die Dichtigkeit zweier Stücke, die aus den weniger blasigen Massen ausgewählt worden waren, betrug:

Weißer, sehr reiner Stein 5,70
Desgl., sehr bläuliche Abänderung . 5,32

Die Analyse derselben beiden Varietäten gab folgende Resultate:

	Weiße Varietät.	Bläuliche Varietät.
Kupfer	0,774	0,648
Eisen	0,007	0,090
Nickel, Kobalt, Mangan . . .	Spuren	0,005
Zinn, Arsenik	0,001	0,007
Schwefel	0,210	0,226
Eingemengte Schlacke, Sand .	0,003	0,018
	1,995	0,994

Der weiße Concentrationsstein der Waleser Hüttenleute ist daher identisch mit dem Kupferglanz der Mineralogen, ja es ist selbst selten, daß diese Verbindung in der Natur so rein vorkommt. Nimmt er Schwefeleisen auf, so nimmt er eine dunklere Farbe an und zeigt bläuliche und röthliche Reflexe und nähert sich auf diese Weise nach und nach dem blauen Concentrationsstein, der bei dem folgenden Prozeß hervorgebracht wird.

Die Untersuchung auf den Kupfergehalt in einem Gemenge von zahlreichen Varietäten des weißen Steins, der während eines 14tägigen Betriebes gefallen war, gab den mittlern Metallgehalt zu 0,732 an. Um die langen und verwickelten Berechnungen zu vereinfachen, zu denen eine Vergleichung der metallur-

gischen Reactionen bei dem Schmelzen IV (Abschn. 13, Tabelle IV) führte, ließ ich die Metalle außer dem Kupfer und Eisen unberücksichtigt, und habe als mittlere Zusammensetzung des weißen Steins gefunden:

Kupfer . . .	0,732	
Eisen	0,063	1,000
Schwefel . .	0,205	

Zusammensetzung, welche ganz genau der Formel $8\ Cu^2\ Su + Fe\ Su$ entspricht.

Physikalische Eigenschaften und chemische Zusammensetzung der Schlacken. — Die zu gleicher Zeit mit dem weißen Concentrationsstein gefallenen Schlacken haben eine dunkel olivenbraune Farbe; sie sind gleichartig, vollkommen geschmolzen und haben gewöhnlich keine Blasenräume. In kleinen Stückchen ist der Bruch gewöhnlich körnig; jedoch finden sich häufig Zeichen einer krystallinischen Structur, und bei gewissen Stückchen, die sich langsamer abgekühlt haben als andere, wird sie sehr deutlich. Manche Stückchen sind ganz frei von mechanischer Einmengung von Stein, und in dieser Beziehung ist diese Schlacke im Allgemeinen reiner, als die bei dem Schmelzen II erhaltene, welche weggestürzt wird. In andern Schlackenstücken bemerkt man Steinkörner von nicht unbedeutender Größe und die offenbar von einer Bewegung beim Abstich herrühren.

Im Gegensatz von dem, was für die Schlacke des Schmelzens II stattfindet, bestätigt die Analyse, daß die relativen Mengen von Kupfer und Schwefel, die in jeder Schlacke IV enthalten sind, im Vergleich zu denen, welche den entsprechenden Stein bilden, in den erstern stets überschüssiges Metall andeuten. Es wird dadurch gezeigt, daß nicht alles Kupfer in der Schlacke als eingemengter Stein vorkommt und daß folglich eine gewisse Quantität Kupferoxyd stets einen integrirenden Theil der Silicate bildet. Gewisse ausgesuchte Stücke, in denen man mit der Loupe keine Steinkörnchen bemerkt, zeigen bei der Analyse nur eine Spur von Schwefel. Die Analyse zeigt auch außerdem, daß das Verhältniß des Kupfers zwischen 0,010 bis 0,020 schwankt. Alle diese Schlacken-Varietäten zeigen daher, in Beziehung auf die Art und Weise, wie das Kupfer mit ihnen verbunden ist, einen ganz entgegengesetzten Fall von dem, wie die Schlacken von dem Schmelzen IV. Beide Schlacken zeigen noch den wesentlichen Unterschied, daß hier der Kupfergehalt in den verschiedenen Theilen einer und derselben Masse constant ist. Ich fand in sechs Stückchen, die keinen Stein eingemengt enthielten und die von verschiedenen Puncten des obern Theils eines Stroms weggenommen worden waren, den nachstehenden Kupfergehalt:

1. Stückchen . . .	0,010
2. " . . .	0,010
3. " . . .	0,009
4. " . . .	0,011
5. " . . .	0,010
6. " . . .	0,009

Diesen Schlackenstrom begleitete ein bläulicher Stein; er war etwa 0,22 Meter dick; ich entnahm etwa 0,02 Meter von der Sohle, und gerade unter den vorhin erwähnten Stückchen 6 andere, welche ich zusammen auf den Kupfergehalt probirt habe, um auch den des untern Theils der Schlacke kennen zu lernen; ich fand:

im obern Theile der Schlacke . .	0,010
im untern Theile	0,013

Es zeigte die Analyse der Stücke von dem obern und untern Theile der Schlackenschicht nur eine Spur von Schwefel.

Es läßt sich aber gar keine Grenze bei den Verhältnissen des Kupfers in gewissen Stücken, die mechanisch Stein eingemengt enthalten, nachweisen. Bei jedem Abstich sieht man Stückchen, die in Berührung mit dem Stein erkalten, und die offenbar mehr als 10 Procent ihres Gewichts davon enthalten. Obgleich ein solches Gemenge nicht häufig ist, so vermehrt es doch den mittlern Gehalt der Schlacken bedeutend.

Menge und Verbindungszustand des in den Schlacken enthaltenen Kupfers. — Die Schlacken, welche am meisten gebundenes Kupfer enthalten, fallen gewöhnlich bei denjenigen Schmelzen, die den weißesten Stein geben; sie werden hauptsächlich zu dem Schmelzen Nr. VI aufbewahrt. Die ärmsten Schlacken begleiten den dunkelsten Stein und werden hauptsächlich beim Schmelzen II wieder mit durchgesetzt. Die Analyse der Proben, die 14 Tage lang von einem sorgfältigen und intelligenten Arbeiter genommen worden waren, hat gezeigt, daß die mechanische Einmengung des Steins bei beiden Varietäten von Schlacken fast gleich ist und daß der Kupfergehalt derselben hauptsächlich von der chemischen Auflösung einer größern oder geringern Menge von Kupferoxydul abhängt. Um die Berechnung der metallurgischen Reactionen (Abschn. 13, Tabelle IV) so viel als möglich zu vereinfachen, habe ich die nachstehend mitgetheilten mittlern Resultate angenommen, die mit den unmittelbaren Resultaten der Analyse ziemlich genau übereinstimmen:

	Arme Schlacke für das Schmelzen II.	Reiche Schlacke für das Schmelzen VI.
Kupfer, als Oxydul gebunden	0,008	0,024
Kupfer, als Stein eingemengt	0,029	0,053
	0,037	0,053

Die vollständige Analyse der Schlacke hat mich übrigens dahin geführt, für diese beiden Varietäten die nachstehende Zusammensetzung anzunehmen:

		Arme Schlacke zum Schmelzen II.		Reiche Schlacke zum Schmelzen VI.	
Silicate	Kieselerde	0,338	0,960	0,330	0,960
	Kupferoxydul	0,009		0,027	
	Eisenoxydul	0,560		0,550	
	Thonerde	0,015		0,016	
	Talkerde	0,003		0,003	
	Verschiedene Oxyde	0,021		0,020	
	Kalkerde	0,014		0,014	
Stein	Kupfer	0,029	0,040	0,029	0,040
	Eisen	0,003		0,003	
	Schwefel	0,008		0,008	
	Summe		1,000		1,000

Diese Zusammensetzung führt zu der Formel $B^6\ Si^6$.

Erscheinungen, die während der Schmelzung wahrgenommen worden sind. — Um die Erscheinungen, die sich bei diesem Schmelzprozesse zeigen, in allen ihren Einzelnheiten studiren zu können, habe ich die Reactionen, welche nach und nach erfolgen, aufmerksam untersucht, und ich habe zu gleicher Zeit von einem intelligenten Arbeiter die Substanzen in den verschiedenen Phasen des Prozesses herausnehmen lassen. Auf diese Weise habe ich eine gewisse Anzahl

von Thatsachen bestätigt, auf welchen die Theorie von der Bildung des weißen Steins zu beruhen scheint.

Das erste flüssige Product, welches man erhält, ist ein Stein, der weit mehr Eisen und Schwefel enthält, als das letzte Product; er sammelt sich auf der Sohle, nachdem er durch feste oder teigige Materien gedrungen ist. Die Schmelzposten, welche Schwefelkupfer und reichen Stein enthalten, der aus Chili unter dem Namen Regulus eingeführt worden ist, scheiden schon 2 Stunden nach Beginn des Schmelzens einen bedeutenden Theil davon ab. Nach 3 bis 4 Stunden findet man gewöhnlich über dem Stein eine Schicht von einer sehr gut geflossenen Schlacke, die der zuletzt erfolgenden Schlacke gleicht, aber weit mehr Kupferoxydul enthält. Darüber schwimmt eine schlackige, unvollkommen geschmolzene Substanz, bei der man noch alle Elemente der Schmelzschicht unterscheiden kann und die hier sehr viel Quarz, dort viel Kupferoxydul und überall Schwefelmetalle, letztere mechanisch eingemengt, enthält. Diese stets einem heftigen Feuer ausgesetzte Substanz verändert sich nach und nach, entweder, indem sie sich in Gas auflöst, oder indem sie ihre festen Elemente an den Stein und an die Schlacke abtritt.

Wenn man den Stein und die entsprechende Schlacke probirt, die zu verschiedenen auf einander folgenden Epochen eines Schmelzens gesammelt wurden, dessen letzte Producte einen Normalprozeß bezeichneten, so erlangte man die folgenden Verhältnisse von Kupfer:

	Stein.	Schlacke.
3 Stunden 10 Minuten nach dem Anfang des Schmelzens	0,54	0,09
4 „ — „ „ „ „ „ „	0,52	0,08
5 „ — „ „ „ „ „ „	0,65	0,05
5 „ 50 „ (endliches Product) „	0,74	0,035

Zwei gleichzeitige Prozesse: das Schmelzen der Materialien und das Concentriren des Steins. — Diese Thatsachen haben mich veranlaßt, für das Ganze der Reactionen [1]), mittelst denen der weiße Stein gebildet wird, die hier dargestellte Theorie anzunehmen. Das Schmelzen auf weißen oder Concentrationsstein umfaßt, genau genommen, zwei Prozesse, die nach einander in einem und demselben Ofen vorgenommen werden: nämlich das Schmelzen der Materialien und die Concentration (affinage) des Steins. Die drei ersten Stunden eines jeden Schmelzens sind fast ausschließlich der Schmelzung gewidmet. Jedoch dauert diese auch während der $\frac{2}{3}$ von der letzten Epoche des Prozesses, indem dann erst die strengflüssigsten Elemente der Schicht zum Schmelzen gelangen. Die drei letzten Stunden des Prozesses dienen im Wesentlichen zur Concentration des bereits auf der Sohle gesammelten und desjenigen Steins, der sich noch aus den unvollkommen geschmolzenen Substanzen abscheidet.

Das Schmelzen, welches den Stein und dann die Schlacke giebt, beginnt zuvörderst mit den Schwefelmetallen. Es ist nicht immer eine einfache Saigerung, denn die zum Schmelzen der Schwefelmetalle erforderliche Temperatur ist hinreichend, um eine Reaction zwischen denselben und den damit vorkommenden Oxyden zu veranlassen. Besonders ist es das Kupferoxyd, welches auf das

[1]) Diese charakteristischen Reactionen der Waleser Methode zeigen sich entweder zufällig, oder als mehr oder weniger wesentliches Mittel der Wirkung bei den meisten Schmelzprozessen des Continents. Ich will es durchaus nicht versuchen, die Allgemeinheit dieser Theorie nachzuweisen, indem mich dieß dahin führen würde, hier eine Metallurgie des Kupfers zu geben.

Schwefeleisen und Schwefelkupfer einwirkt und metallisches Kupfer, Eisenoxydul und schweflichte Säure hervorbringt. Wenn die unzersetzten Schwefelverbindungen nicht vollständig mit Metallen gesättigt sind, so lösen sie das Kupfer auf; sie sammeln sich nach und nach auf der Herdsohle, und diese Erscheinung dauert so lange, als in der Schmelzschicht nicht ungeschmolzene Sulfurete und Oxyde vorhanden sind. Wenn die Temperatur noch gesteigert worden ist, so fangen nun die Elemente der Silicate ihrerseits zu reagiren an. Die Kieselerde verbindet sich direct mit dem Eisenoxydul, Kupferoxydul, so wie mit der geringen Menge von erdigen Oxyden, welche in dem Schmelzmaterial vorhanden sind. Das aus dieser ersten Reaction erfolgende flüssige Product giebt die Sulfurete, welche mit den nicht geschmolzenen Substanzen in einem mechanischen Gemenge geblieben waren, auf und sammelt sich zu einer gleichartigen flüssigen Masse an. Nach etwa drei Stunden sind bereits zwei übereinander stehende flüssige Schichten entstanden, nämlich: eine an Kupferoxydul sehr reiche Schlacke; ein Stein, der weit mehr Kupfer enhält, als die Schwefelverbindungen in der Schmelzschicht im Durchschnitt genommen, jedoch weniger, als der Stein, welcher als letztes Product des Schmelzens anzusehen ist.

Spezielle Betrachtungen über die Concentration des Steins. — Die Concentration oder die Anreicherung des geschmolzenen Steins beginnt sogleich, wenn die Schlacke mit ihm in Berührung tritt. Die charakteristische Reaction dieses Prozesses ist die des Schwefeleisens (Fe Su), des Steins auf das Kupferoxydul (Cu^3 O) der Schlacke. Eisen und Kupfer ersetzen sich gegenseitig in diesen beiden Verbindungen, ohne irgend eine Verdrängung der andern Bestandtheile und es erfolgt daraus, daß die Schlacke an Kupfer ärmer und der Stein reicher daran wird. Diese doppelte Erscheinung dauert fort, ohne daß sich Kupfer absetzt, oder schweflicht-saures Gas entwickelt, so lange noch Schwefeleisen in dem Stein und Kupferoxydul in der Schlacke vorhanden ist. Die genaue Beobachtung der Erscheinungen zeigt wirklich, daß bei dem Schmelzen IV keine andere Reaction stattfinden kann.

Wenn das Schwefelkupfer in dem Stein auf das Kupferoxydul in der Schlacke wirkte, so könnte nur schweflichte Säure, die sich als Gas entwickeln würde, und Kupfer producirt werden, welches sich niederschlagen würde. Nun bildet sich aber keins von beiden Producten. Das Schwefeleisen kann ebenfalls mittelst seiner beiden Bestandtheile nicht auf den Sauerstoff des Kupferoxyduls wirken, denn nach dieser Hypothese würde die Reaction ebenfalls einen Absatz von Kupfer veranlassen, wovon man jedoch keine Spur sieht. Die progressive Anreicherung des Steins und das ebenfalls progressive Aermerwerden der Schlacke, ohne irgend einen Absatz von metallischem Kupfer und ohne irgend eine Entwickelung von schweflichter Säure, läßt sich daher nur durch den einfachen Austausch der Metalle zwischen der Schlacke und dem Stein erklären, d. h. durch eine doppelte Zersetzung, ähnlich der, welche auf dem nassen Wege zwischen Salz-Solutionen stattfindet.

Während sich diese Erscheinung bei dem Contact zweier Flüssigkeiten zeigt, bleibt die Oberfläche der Schlacke noch lange Zeit hindurch mit ungeschmolzenen, mehr oder weniger zusammengebackenen Substanzen bedeckt, welche ihrerseits zwischen der dritten und fünften Stunde sehr mächtig zu dem Fortschreiten der Reactionen beitragen. Die doppelte Schmelzung des Steins und des Kupferoxydul-Silicats dauert wirklich, unter Entwickelung von schweflichter Säure, fort. Der Stein, welcher die Schlacke fortwährend, sehr getheilt, durchtröpfelt, concentrirt sich sehr rasch durch dieselben Affinitäten, die bei der Berührung

zweier Flüssigkeiten wirken, während das Kupfersilicat, welches sich in der Schlacke, indem sie flüssig wird, auflös't, fortwährend die Reaction erneuert, welche auf das am meisten oxydirbare Element des Steins wirkt. Die Erneuerung der Contacts-Oberflächen, welche dem Fortschreiten der Reactionen so nothwendig ist, wird bei dem untern Stein, durch die größere Dichtigkeit des concentrirten Steins, der zu Boden zu sinken sucht, hervorgebracht; in der Schlacke, durch das unaufhörliche Hinzukommen von neuen Substanzen. Man kann hier wieder nicht umhin, die Wirksamkeit dieser eben so einfachen als sinnreichen Einrichtung zu bewundern, welche die Menschenkräfte durch die Schwere ersetzt und durch den bloßen Einfluß der Naturkräfte außerordentlich verwickelte Erscheinungen hervorbringt, die a priori aufgefaßt nur durch die fortwährende Dazwischenkunft des menschlichen Verstandes ausgeführt werden zu können scheinen.

Vortheile, welche von der Anwendung nicht zerpulverter Materialien herrühren. — Diese Erklärung der Erscheinungen hebt einen Einwurf: es könnte auf den ersten Blick unnütz erscheinen, zuvörderst einen armen Stein und eine reiche Schlacke zu produciren, welche erst später, durch langsame Reactionen und folglich mit einem gewissen Aufwand von Zeit und Brennmaterial, die zwei Endproducte des Prozesses gegeben haben. Da alle Elemente der letzten Reaction in der Schmelzschicht oder der Beschickung vorhanden sind, so schien es weit zweckmäßiger zu sein, den Stein mit den Erzen, mit den Schlacken vom Rösten und von der Concentration, so wie überhaupt mit allen Substanzen, die reich an Kupferoxyden und an Silicaten sind, welche letztere auf erstere reagiren, genau zu vermengen. Die Zerkleinerung zur Pulverform und die vollständige Vermengung der Materialien würden, da sie fast augenblickliche Reactionen veranlassen, die Dauer des Prozesses bedeutend vermindern, und es ist ganz augenscheinlich, daß die Kosten dieser mechanischen Aufbereitung sehr vortheilhaft durch die Ersparung an Arbeitslöhnen und an Brennmaterial wieder ausgeglichen werden würden. Die geschicktesten Arbeiter, die ich darüber zu Rathe zog, waren aber durchaus nicht unschlüssig, jede Abänderung an dem gewöhnlichen Verfahren zu verdammen; sie halten es für sehr wichtig, die reichen oxydischen Erze in der Größe in den Ofen zu bringen, wie sie zum Verkauf kommen; endlich sehen sie es auch für sehr wesentlich an, die an Kupfer-Silicaten sehr reichen Materialien, ferner den sogenannten Herd, die Schlacken von der Röstung, Concentration u. s. w., in großen Stücken auf die Oberfläche des Schmelzpostens zu werfen.

Versuche, welche die Nachtheile einer genauen Vermengung der Schmelzmaterialien beweisen. — Verschiedene Versuche, die auf meine Bitte und mit Hülfe eines geschickten Hüttenbeamten in einer Hütte angestellt wurden, in der zehn Oefen gleichzeitig verschiedene Beschickungen verarbeiteten, haben mir die unzweideutigsten Beweise geliefert, daß die gewöhnliche Methode die vollkommen zweckmäßige sei. Dieselben Beschickungen oder Schmelzschichten, die unter den gewöhnlichen Bedingungen treffliche Resultate gaben, ließen sich durch eine vorhergehende genauere Vermengung der Materialien offenbar weit schneller verarbeiten; allein diese Vortheile wurden durch sehr bedeutende Nachtheile wieder aufgehoben. Die Herdsohle wird sehr bald zerstört, welches die doppelte Unbequemlichkeit veranlaßt, in dem Verlauf einer wöchentlichen Campagne mehre Reparaturen zu veranlassen und Schlacken zu geben, die weniger Eisenoxydul enthalten, so daß sie weit weniger als Zuschläge bei dem Schmelzen Nr. II geeignet sind. Oft entsteht, außer dem Stein, eine gewisse Quantität metalli-

sches Kupfer, welches, da es durch das letzte Concentriren und durch das Gaarmachen (IX und X Prozeß) nicht dieselbe Qualität erlangen kann, wie das beim Schmelzen des weißen Concentrationssteins fallende Kupfer, stets zu einem geringen Preis verkauft werden muß. Endlich ist auch der Arbeiter der Zeichen beraubt, die bei der gewöhnlichen Methode ihn in den Stand setzen, die angenommenen Beschickungsverhältnisse beizubehalten oder zu verändern.

Die erwähnten Versuche, besonders aber meine Unterredungen mit den Schmelzern, haben mich in den Stand gesetzt, zu erkennen, warum die gewöhnliche Praxis diese Nachtheile nicht habe. Die vorhergehende Schmelzung der geschwefelten Substanzen von mittlerm Metallgehalt bedeckt zuvörderst die Herdsohle mit einem Ueberzuge, der nicht allein ohne alle Wirkung auf dieselbe ist, sondern sie auch später sehr wesentlich gegen die zerstörende Einwirkung der Metalloxyde in der Beschickung schützt. Bei dem gewöhnlichen Verfahren tröpfeln die Schwefelverbindungen, welche leichtflüssiger sind als alle Elemente der Beschickung, durch die in Stücken eingetragenen Kupferoxyde; in einem dichten Gemenge von pulverförmigen Substanzen würden sie zurückgehalten, und vor ihrer Entwickelung größtentheils durch die Oxyde in dem Augenblick zersetzt werden, in welchem die ganze Masse in Fluß geriethe und folglich dann, wenn die Oxyde bereits zur Zerstörung der Herdsohle wirken konnten.

Wenn der Schmelzer von einer plötzlichen Veränderung in der Beschaffenheit der reichen Materialien, mit denen der geröstete Stein beschickt worden, nicht bekannt gemacht ist und er daher veranlaßt wird, in die Schmelzschicht einen Ueberschuß von oxydischen Erzen einzuführen, so kann dieser Umstand bei dem gewöhnlichen Verfahren keinen nachtheiligen Einfluß auf die Qualität des Productes ausüben. Die Schlacke, welche reicher fällt als bei einer normalen Beschickung, concentrirt den zuerst gebildeten armen Stein etwas schneller; er hält am Ende des Prozesses mehr Kupferoxydul-Silicat zurück; allein es ist nicht zu fürchten, daß dieses Silicat einen Niederschlag von metallischem Kupfer bewirke. Wenn aber dagegen, unter denselben Umständen, eine genaue Vermengung der Beschickung stattfände, so bildet sich sofort metallisches Kupfer, welches, wie es die Erfahrung lehrt, Substanzen aufnimmt, die seine Beschaffenheit verändern und welche die Kunst nicht wieder entfernen kann.

Nachtheile der Production von Schwarzkupfer bei dem Schmelzen auf weißen Concentrationsstein. — Das Studium der Thatsachen hat mich übrigens dahin geführt, die schlechte Beschaffenheit des bei dem Schmelzen IV entstandenen Schwarzkupfers auf folgende Weise zu erklären. Der geröstete Stein und die reichen Erze enthalten im Allgemeinen eine gewisse Menge von Arsenik im geschwefelten und salzigen Zustande rc. Wenn nun alle Bestandtheile der Beschickung gleichzeitig auf einander reagiren, so geht ein bedeutender Theil des Arseniks, unter dem Einfluß der Schwefelmetalle in den Stein, und wenn sich nun gar metallisches Kupfer bildet, so nimmt dasselbe stets einen bedeutenden Theil von dem Arsenik auf. Unter denselben Umständen hat auch das Kupfer eine große Tendenz, gewisse Metalle, hauptsächlich Zinn, Nickel und Kobalt, zu fällen, die sich später beim Gaarmachen nicht abscheiden lassen. Bei dem gewöhnlichen Verfahren werden diese Nachtheile größtentheils vermieden. Unter dem Einfluß der Kieselerde zersetzen sich die Arseniksalze, und da das Arsenik keine Verbindung mit der Kieselerde eingehen kann, so wird es als Gas verflüchtigt. Indem sich nun das Kupferoxydul vorläufig mit der Kieselerde verbindet, erhält es eine wirkliche Affinirung. Dasselbe findet in Beziehung auf das Zinn, Nickel und Kobalt statt, die, nachdem sie sich mit der Kieselerde

verbunden haben, weniger leicht als das Eisen in den Stein übergehen. Es muß außerdem bemerkt werden, daß das Verhältniß des Arseniks und anderer nachtheiliger Metalle, welches sich mit dem weißen Stein verbindet, später beim Schwarzkupfer-Schmelzen (siehe Abschn. XI., IX. Prozeß) ziemlich vollständig abgeschieden werden kann, während beim Schwarzkupfer selbst analoge Mittel fehlen, um es eben so vollständig zu reinigen.

Die Analyse eines schlechten Kupfers, welches sich zufällig beim Schmelzen IV niedergeschlagen hatte, ergab (Abschn. XVI, 8.):

Kupfer	0,920	
Eisen	0,008	
Schwefel	0,035	0,991
Nickel und Kobalt	0,007	
Arsenik und Zinn	0,021	

Bei der gewöhnlichen Methode erlangt der Arbeiter sehr nützliche Winke für die Leitung des Prozesses und für die Verhältnisse der Beschickung, durch die sich nach und nach zeigenden Erscheinungen, nämlich: aus dem mehr oder weniger lebhaften Aufkochen der im Schmelzen begriffenen Materialien; aus dem langsamern oder schnellern Schmelzen der Sulfurete und Silicate u. s. w. Diese Winke und Kennzeichen fallen bei einer genauen Vermengung, wobei alle Reactionen gewissermaßen gleichzeitig stattfinden, ganz weg.

Kurz, die genaueste Discutirung der Thatsachen rechtfertigt die Praxis der Schmelzer in allen Puncten; sie liefert zugleich eine weitere Bestätigung der in der Einleitung zu diesem Werke ausgesprochenen Ansichten über die verwickelte und sehr schwierige Beschaffenheit der Hüttenprozesse.

Jedoch habe ich während des mehrmaligen Aufenthalts auf den Kupferhütten in Wales durchaus nicht alle Untersuchungen anstellen können, zu denen dies einzige Schmelzen Veranlassung geben könnte. Die Nothwendigkeit, dieses Werk auf eine gewisse Bogenzahl zu beschränken, war der Grund, warum ich viele Thatsachen und Betrachtungen weglassen mußte, welche den bedeutenden Umfang der Fragen, die in diesen Abschnitten kaum zur Sprache gebracht worden sind, dargethan haben würde. So habe ich z. B. mehre Beobachtungen mit Stillschweigen übergangen, die mich zu der Annahme geführt haben, daß die Reaction, welche im Wesentlichen die Concentration des Steins charakterisirt, nicht allein das zuerst mit diesem Stein verbundene Eisen, sondern auch die nachtheiligen Metalle, wie Nickel, Kobalt, Zinn, Mangan ꝛc., in die Schlacken übergehen läßt. Dennoch ist diese Untersuchung hinreichend, um die Praxis und die Theorie in ihren Fundamentalpuncten festzustellen; sie beweist, daß dieser, dem Anschein nach, so einfache Prozeß, bei welchem sich, auf den ersten Blick, die menschliche Einwirkung kaum einmal zeigt, in der Wirklichkeit viel verwickelter ist, als die schwierigsten chemischen Arbeiten der Laboratorien. Sie zeigt jedem philosophischen Geist, daß die Kenntniß der allgemeinen Gesetze der Mechanik, der Physik und der Chemie noch nicht die Theorie so verwickelter und spezieller Manipulationen umfaßt; daß die Arbeiter, welche auf eine so sichere Weise so viele, den Gelehrten unbekannte Erscheinungen beherrschen, ganz und gar folgerecht und ohne den Vorwurf der Empyrie zu verdienen, durch ihre einfache Behauptung vermeintliche Vervollkommnungen widerlegen können, die diese Erscheinungen, d. h. die wesentlichen Bedingungen des Erfolgs, nicht berücksichtigen.

Wenn wir ferner berücksichtigen, daß das gründliche Studium des einfachsten Hüttenprozesses, ganz nothwendig mit neuen wissenschaftlichen Uebersichten,

ähnliche Bemerkungen veranlaßt, so darf man unbedingt folgern, daß zwischen den Thatsachen und den Gesetzen, welche jetzt das Reich der Naturwissenschaften bilden und zwischen den unzähligen Thatsachen, welche sich täglich in den Schmelzhütten zeigen, eine applicative Wissenschaft, die Metallurgie oder Hüttenkunde, existirt, welche als verbindendes Glied dient. Ferner, daß die Metallurgie, wie alle übrigen Zweige der Naturwissenschaften, im Wesentlichen auf die Beobachtung der Thatsachen begründet sein muß. Endlich, daß wenn die Metallurgie fest begründet sein, sie ohne allen Zweifel dazu beitragen wird, den Umfang der reinen Wissenschaften zu erweitern, und daß sie dann eine sehr günstige Einwirkung auf die praktische Ausübung des Hüttenwesens haben muß.

VII. Fünfter Prozeß.

Darstellung des blauen Concentrationssteins, oder Schmelzen des gerösteten bronzefarbenen Steins mit gerösteten Erzen von mittlerm Gehalt.

Zweck des Prozesses; sein Verhalten zu den drei folgenden Prozessen. — Die meisten Manipulationen, die beim Schmelzen V vorkommen, sind den vorhin beschriebenen ähnlich und in vielen Beziehungen mit denen des Schmelzens IV ganz gleich; dieselbe Bemerkung läßt sich auch in Beziehung auf die folgendenden drei Prozesse machen. Das Schmelzen VI wird in seinen hauptsächlichsten Einzelnheiten wie die Schmelzen IV und V ausgeführt. Die Prozesse VII und VIII endlich sind genau genommen nur besondere Fälle des IX. Prozesses. Ich werde mich daher in den Abschn. VII bis X darauf beschränken, den Hauptzweck und die unterscheidenden Kennzeichen eines jeden von diesen vier Prozessen hervorzuheben, wogegen ich die Beschreibung der Details, die den sechs Prozessen gemeinschaftlich sind, auf die Abschnitte verweisen werde, in denen ich die Prozesse IV und IX beschreibe.

Es finden sich zwei Unterabtheilungen in den zehn Prozessen des Waleser Kupferhütten-Betriebes: die ordentliche und die außerordentliche Arbeit. — Das Schmelzen V und die Röstprozesse (rôtissages) VII und VIII, die gewissermaßen nur zur Vervollständigung dienen, haben im Wesentlichen den Zweck, einen reichern und besonders einen reinern Stein darzustellen, als der gewöhnliche, bei dem Schmelzen IV fallende ist. Man gelangt dahin, indem man in drei auf einander folgenden Prozessen wirksamere, verschiedenartigere und vollständigere Reactionen anwendet, als diejenigen sind, welche bei dem gewöhnlichen Prozeß Alles in einem einzigen Schmelzen vollenden. Aus diesem Grunde faßt man daher bei dem Waleser Kupferhüttenprozeß diese drei Prozesse unter der Benennung der außerordentlichen Prozesse (extra processes im Engl.) zusammen, im Gegensatze zu dem ordentlichen Prozeß des Schmelzens IV.

Jedoch sind diese beiden Unterabtheilungen des Waleser Kupferhüttenprozesses unter drei Hauptgesichtspuncten genau mit einander verbunden. Sie verbrauchen ein gemeinschaftliches Material, den gerösteten bronzefarbenen Stein; ihre Producte werden alle der IX. Operation unterworfen; endlich giebt eins von den Nebenproducten des Schmelzens IV, nämlich die dabei fallende reichste

Schlacke, welche dem Schmelzen VI unterworfen wird, Veranlassung zu zweierlei Stein, welcher zu den Prozessen VII und VIII gelangt, so wie auch der blaue Stein von dem Schmelzen V. Beide Reihen von Arbeiten finden sich daher direct in dem Schmelzen VI vereinigt, dessen Beschreibung ich daher in der Reihe der extraordinären Prozesse aufnehmen zu müssen, geglaubt habe (siehe die synoptische Tabelle, Taf. III, Fig. 7.).

Wesentliche Verschiedenheiten zwischen den beiden Unterabtheilungen. — In einer Beziehung jedoch existirt ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Zweigen der Waleser Methode. Die Producte der außerordentlichen Arbeit verdanken ihre höhere Qualität nicht allein einer sorgfältigern Arbeit, sondern auch der bessern Auswahl der Erze. Seit längerer Zeit hat die Erfahrung die einheimischen und die ausländischen Erze kennen gelehrt, die bei gleicher Zugutemachung entweder Kupfer von mittlerer Qualität, oder ein solches geben, welches einerseits sehr gut und andrerseits sehr schlecht ist. Die Erze, welche Kupfer von größerer Güte geben, werden im Allgemeinen so zu Gute gemacht, daß sie zu dem Schmelzen V entweder Bronze-Stein oder geröstetes Erz liefern. Die Erze von mittlerer Qualität werden der gewöhnlichen Arbeit unterworfen, welche ganz speziell bei den vier vorhergehenden Operationen beschrieben worden sind. Die schlechten Erze endlich, die auf dieselbe Weise zu Gute gemacht werden, wie die vorhergehenden, aber in besondern Oefen und deren Producte sich nie mit denen der gewöhnlichen Arbeit vermengen, werden besonders verarbeitet und zwar bis mit Einschluß des Gaarmachens. Aus diesen verschiedenen Verbindungen und aus denen, welche für jede Reihe von Erzen die verschiedenen Zufälligkeiten des Betriebes veranlassen, entstehen die zahlreichen Abänderungen des Kupfers, die im Handel vorkommen und die weiter unten im Abschn. XII. aufgeführt werden sollen. In Uebereinstimmung mit diesem Grundsatz, wird der geröstete Bronze-Stein, der zur Beschickung des Schmelzens V kommt, hin und wieder mit ausgesuchten Erzen beschickt. Zuweilen stimmt dies Schmelzen gänzlich mit dem Nr. IV überein; allein stets beschickt man damit ein geröstetes Erz (2ter Classe), ausgewählt aus den reichsten und reinsten Kupferkiesen (siehe Abschn. III., I. Prozeß). Man setzt der Beschickung kein rohes Erz zu, so wie auch keinen andern Zuschlag, als den die Schmelzung des Herdes und der Ofenwände geben.

Materialien und Brennstoffe. — Das Gemenge der Brennmaterialien ist dasselbe, als das bei dem Schmelzen IV angewendete; eben so findet auch bei beiden Prozessen eine Gleichheit in der Anzahl und in den Geschäften der bei jedem Ofen angelegten Arbeiter, ihrem täglichem Lohn, in der Einrichtung der Oefen, in der Förderung der Materialien und Producte nach und von den Oefen, so wie auch in der Schmelzarbeit ꝛc. statt. Der tägliche Brennstoff-Verbrauch und Arbeitsaufwand, die Zeiten des Betriebs und des Stillstandes für die drei Oefen sind genau dieselben, welche sich auf die zehn Oefen des Schmelzens IV beziehen. Die einzige abweichende Sache ist die Beschickung der Ladungen. Das weit größere Verhältniß der Schwefelmetalle in der Beschickung macht die metallurgischen Reaktionen, so wie die vollständige Schmelzung der Materialien weit und schnellwirkender. Die Erfahrung hat gezeigt, daß wenn man die Dauer der Verarbeitung einer Ladung constant läßt, man beim Schmelzen V das Gewicht der Schmelzmaterialien auf 2 Tonnen bringen kann.

Durchschnittliche Beschickung der Ofenladungen. — Wie in dem vor-

hergehenden Fall setzt man in der Woche 22 Ladungen durch, welche im Durchschnitt bestehen aus:

Kupferige Materialien.	Gerösteter Bronze-Stein	1,592 T.	2,000 T.
	Geröstetes Erz von mittlerm Gehalt .	0,408 „	
Zuschläge.	Herdsand	0,185 „	0,203 „
	Ziegelsteine	0,018 „	
		Summa:	2,203 T.

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Die Materialien und die Producte des Prozesses zeigen die nachstehenden Verhältnisse:

Vergleichung des Schmelzens auf blauen Stein.

Materialien.		Producte.	
Gerösteter Bronze-Stein v. III.	0,722	Blauer Stein für VII	0,495
Geröstetes Erz (2. Classe) . .	0,185	Schlacken, für das Schmelzen II.	0,434
Erdige Materialien: Sand . .	0,084	Ofenreste für IV	0,008
— Ziegelsteine	0,009	Schweflichte Säure	0,056
	1,000	Sauerstoff	0,007
			1,000

Die Zeiten des Betriebes und des Stillstandes eines jeden Ofens lassen sich genau so eintheilen, wie bei dem Schmelzen auf weißen Stein.

Die Erhöhung des Gewichts der Ladung vermindert die Schmelzkosten für jede Tonne von Materialien, wie es die nachstehende Tabelle angiebt:

V. Schmelzkosten (für blauen Stein), auf 1 Tonne Materialien (0,796 T. gerösteten Bronze-Stein und 0,204 geröstetes Erz).

Arbeitslöhne und Materialien.	Tage-schichten.	Tägliches Lohn.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Arbeiter. — Transport und Schmelzung der Materialien und der Producte	0,253	4,89	1,237
Kinder. — Transport der Brennmaterialien und des Klinkers	0,135	0,85	0,115
	0,388	3,49	
Materialien.	Tonnen.	Kosten der Tonne.	
Brennmaterial für die Hauptarbeiten	0,475		
Brennmaterial für die Nebenarbeiten	0,231		
	0,706	4,89	3,452
Sand für die Herdsohlen	0,045	2,75	0,124
Feuerfeste Ziegelsteine	0,009	26,00	0,234
Feuerfester Thon	0,002	8,00	0,016
Unterhalt des Inventars	—	—	0,090
Summa:	. . . .	. . . .	5,268

Eigenschaften und Zusammensetzung des blauen Steins. — Reicher an Schwefelmetallen und weniger Metalloxyde enthaltend, wie die Beschickung des Schmelzens IV, geben die Materialien, welche beim Schmelzen V durchgesetzt werden, stets einen mehr Schwefel und Eisen enthaltenden Stein, als es der gewöhnliche weiße Stein ist. Der Stein von dem Schmelzen V unter-

scheidet sich, wenn er kalt geworden, auf dem frischen Bruch durch eine dunkelgraue Farbe; wird er noch warm zerschlagen, jedoch bei einer Temperatur unter dem Rothglühenden, so erhält er schöne blaue Nüancen, die an gewisse Buntkupfererze erinnern, und ohne Zweifel rührt von diesem Umstande die Benennung blauer Stein ab, wie sie in den Waleser Schmelzhütten gebräuchlich ist. Er zeigt stets einen weniger ebenen Bruch, als der weiße Stein und die Masse ist entweder dichter oder sie enthält mehr Blasenräume. Die Analyse von einem Gemenge aller Varietäten von blauem Stein, die während einer Woche in einem der Oefen, die diesem Schmelzen gewidmet sind, gefallen ist, hat die folgenden Resultate gegeben:

Kupfer	0,567	0,993
Eisen	0,163	
Nickel und Spur von Magan	0,016	
Zinn und Spur von Arsenik .	0,012	
Schwefel	0,230	
Eingemengte Schlacken . .	0,005	

Man hat (Abschn. XIII, Tabelle V.) bei der Berechnung der metallurgischen Reactionen des Schmelzens V angenommen, daß der blaue Stein die folgende Zusammensetzung habe, die einem mechanischen Gemenge von Stein und metallischem Kupfer gleicht:

Kupfer	0,572	1,000
Eisen	0,185	
Verschiedene Metalle . . .	0,010	
Schwefel	0,233	

Diese Zusammensetzung wird annähernd durch die Formel: 0,8 Cu + 3 Cu^2 Su + (2 Fe, m. d.) Su dargestellt.

Ich habe bei dem blauen Stein des Schmelzens V eine röthliche Varietät wahrgenommen, die kupferhaltiger ist und fast dem Dünnstein mehrer Kupferhütten auf dem Festlande entspricht; er hat 1,3 Cu + 3 Cu^2 Su + 2 (Fe, d. m.) Su zur Formel und besteht aus:

Kupfer	0,616	1,000
Eisen	0,158	
Verschiedene Metalle . . .	0,006	
Schwefel	0,220	

Zusammensetzung der Schlacken. — Die für das Schmelzen II bestimmten Schlacken enthalten stets, außer dem chemisch gebundenen Kupferoxydul, einen bedeutenden Theil von Stein mechanisch eingemengt. Man hat mittelst der Berechnungen der metallurgischen Reactionen die folgende mittlere Zusammensetzung angenommen, welche einem Sesquisilicat B^2 Si^3 entspricht.

Silicat.	Kieselerde	0,360	0,360	1,000
	Kupferoxydul	0,007	0,598	
	Eisenoxydul	0,544		
	Thonerde	0,008		
	Bittererde	0,002		
	Verschiedene Oxyde	0,025		
	Kalkerde	0,012		
Stein.	Kupfer	0,024	0,042	
	Eisen	0,008		
	Verschiedene Metalle	0,000		
	Schwefel	0,010		

Metallurgische Reactionen. — Die charakteristischen Reactionen des Schmelzens V sind denen des Schmelzens IV analog. Der erste Eindruck der Hitze veranlaßt das Schmelzen der Sulfurete mit einer besondern Reaction auf die Oxyde in der Beschickung. Besonders reagirt das Kupferoxydul durch seinen Sauerstoff auf den Schwefel und das Eisen der Sulfurete, wodurch schweflichte Säure, die entweicht und Eisenoxydul entsteht, welches sich mit der Kieselerde verbindet. Das frei gewordene Kupfer verbindet sich mit dem Stein, der auf diese Weise doppelt angereichert wird, sowohl durch das Hinzutreten eines neuen Theils Kupfers, als auch durch die Abscheidung einer gewissen Menge von Schwefeleisen. Während diese Reaction in den strengflüssigern Materialien fortdauert, wird ein mehr oder weniger Kupferoxydul enthaltendes Silicat flüssig, und alsdann beginnt die den Waleser Hüttenprozessen charakteristische langsame Concentration, bei der das Kupferoxydul des Silicats und das Schwefeleisen des Steins gegenseitig auf einander reagiren und ohne irgend eine Gasentwickelung Schwefelkupfer erzeugen, welches den Stein anreichert, so wie auf Eisenoxydul, welches in die Schlacke übergeht.

Gewöhnliches Vorhandensein von metallischem Kupfer in dem blauen Stein. — Schon im Abschn. VI. bemerkte ich, daß der weiße Stein, in seinem reinsten Zustande nie metallisches Kupfer mechanisch beigemengt enthalte, während man in den eisenhaltigen Varietäten gewöhnlich einige Spuren davon finden. Diese Eigenthümlichkeit hat mich sogleich anfangs lebhaft beschäftigt; denn es schien unerklärlich, daß das Kupfer die Tendenz habe, sich in dem Stein niederzuschlagen, der am wenigsten mit Kupfer gesättigt sei. Die Untersuchungen über das Schmelzen V, bei welchem der erzeugte Stein stets weniger mit Kupfer gesättigt ist, als der beim Schmelzen IV erfolgende, bestätigte mir später die Thatsache ganz entschieden. Das metallische Kupfer, welches nur zufällig in dem weißen Stein erscheint, ist dagegen für den blauen Stein charakteristisch. Zuweilen erscheint es in sehr feinen, mit dem bloßen Auge kaum wahrnehmbaren Theilchen in die feste Masse der Schlacke eingesprengt, die man jedoch mit der Loupe sehr gut erkennen kann; gewöhnlicher vereinigt es sich hie und da in kleinen Massen ohne Consistenz, die gewissermaßen pulverförmig sind; zuweilen sieht man es in zarten, seidenartigen Fasern, mit lebhaften und irisirenden Farben, als Bekleidung kleiner Höhlungen. Niemals ist es in kleinen, deutlich geschmolzenen Körnern vereinigt, wie das, welches bei den folgenden Prozessen mit den Röst- und den Gaarschlacken vereinigt wird. Endlich, und dies machte auf den ersten Blick die Erscheinung noch unerklärlicher, tritt noch der Umstand ein, daß die Schmelzungen, bei denen, in Folge einer schlechten Beschickung, sich unter dem Stein eine gewisse Quantität Schwarzkupfer (von den Arbeitern bottoms genannt) absetzt, gerade diejenigen sind, bei denen der Stein am wenigsten Kupfer enthält; während der sehr kupferhaltige Stein stets bei Schmelzungen fällt, bei denen sich keine bottoms bilden.

Theorie der Kupferproduction in dem blauen Stein. — Das Ganze der Erscheinungen, die man in den Hütten wahrnimmt, in denen die Schmelzprozesse IV und V ausgeführt werden, hat mich auf die folgende Theorie geführt, die alle besondern Thatsachen des Waleser Kupferhüttenbetriebes erklärt, und die außerdem viel Licht über eine Menge von Prozessen verbreitet, die in den Kupferhütten des europäischen Festlandes ausgeübt werden. Uebrigens habe ich auch, wie ich weiterhin näher nachweisen werde, diese Theorie, mittelst verschiedener Versuche, einer Prüfung unterworfen, hauptsächlich indem ich nach

Belieben die Erscheinungen auf eine bestimmtere Weise hervorbrachte, als sie beim gewöhnlichen Verlauf der Dinge sich zeigen.

Das metallische Kupfer, dessen Vorhandensein den blauen und den rothen Stein charakterisirt, setzt sich nicht während des Schmelzens selbst ab; es ist ein späteres Product, welches sich erst dann bildet, wenn die Materialien bereits aus den Oefen herausgezogen sind. Wenn nach dem Abstich, Stein und Schlacke sich in dem Stichherde, der sie aufnimmt, über einander absetzen, so fahren beide Substanzen fort, auf einander einzuwirken, wie es im Innern des Ofens war und einen Austausch der beiden Metalle zu machen. Jedoch verändern sich die Affinitäten nach und nach durch die stufenweise Abkühlung der auf einander einwirkenden Substanzen. Es kommt ein Zeitpunct, in welchem der noch vollkommen flüssige Stein zu der Temperatur herabsinkt, in welcher das Kupfer zu erstarren beginnt. Von diesem Augenglick an wird die Reaction einfach, während sie vorher doppelt war; das Eisen in dem Stein verbindet sich mit dem Sauerstoff des Kupferoxyduls. Das freigemachte Kupfer aber, statt sich mit dem Schwefel zu verbinden, der vorher mit dem Eisen verbunden war, setzt sich gewissermaßen in molecularem Zustande, da die Temperatur nicht mehr hoch genug ist, um das Kupfer zu nöthigen, sich mit dem Stein zu verbinden, oder sich zu entschieden geschmolzenen Körnern zu verbinden. Die Erscheinung zeigt sich daher zu diesem Zeitpuncte des Erkaltens von dem Abstich, zu welchem Stein und Schlacke auf ihrer Berührungs-Oberfläche noch flüssig sind, zu welchem aber die Temperatur des Steins schon der Art ist, daß das Erstarren des Kupfers nahe steht.

Ursachen des eigenthümlichen Nichtvorhandenseins von Kupfer in dem weißen Stein. — Diese Theorie erklärt alle die Umstände, die ich vorhin angegeben habe. Wenn wirklich das metallische Kupfer, welches den blauen und rothen Stein charakterisirt, bereichts vor dem Zeitpunct des Abstichs in dem Ofen gebildet worden wäre, so würde man nicht begreifen, wie in der im Ofen herrschenden Weißgluth das Metall den pulverförmigen oder haarförmigen Zustand, den man in dem abgekühlten Stein wahrnimmt, beibehält, und daß es sich nicht in dem untern Theil der geschmolzenen Masse in Körnern ansammelt. Man sieht sehr gut ein, daß ein weißer reiner Stein kein Kupfer aufnimmt, da er kein Schwefeleisen enthält, d. h. das unerläßliche Reagens zur Fällung des Metalles, während der sehr viel Schwefeleisen enthaltende blaue Stein vollkommen zu dieser Reaction geeignet ist.

Erfahrungen über den Niederschlag des Kupfers in den Kupfersteinen. — Ich habe bei dieser Gelegenheit verschiedene Versuche gemacht, zu denen diese Theorie sogleich die Idee an die Hand gegeben hat: Ich ließ in ein besonderes Gefäß und ohne Beimengung von Schlacken, einen Theil desselben Steins einlaufen, der in dem Haupt-Stichherd eine große Kupfermenge aufnahm, und ich habe es bestätigt gefunden, daß dieser erste Theil stets nicht kupferhaltig war. Eben so habe ich auch direct gezeigt, daß eine stufenweise Abkühlung des Steins da, wo er mit der Schlacke in Berührung steht, die erste Bedingung des Kupferabsatzes sei. Da ich bemerkt hatte, daß die Abänderungen des blauen Steins, die ihren äußern Kennzeichen nach gleich sind, sehr ungleiche Mengen von Kupfer aufnähmen, so bin ich der Meinung, daß dieser Umstand einer Veränderung des Verhältnisses von dem, in dem Silicat aufgelösten Kupferoxydul zugeschrieben werden müsse. Wenn diese Theorie richtig ist, so muß bei gleichem Schwefeleisen-Gehalt, der Stein um so mehr Kupfer geben, je mehr Kupferoxydul die Schlacke enthält; wirklich habe ich diese An-

nahme später durch die Analyse bestätigt gefunden. Endlich habe ich gedacht, daß man die Kupferproduction nach Belieben, an einem bestimmten Puncte von einem Abstich der Schmelzen IV und V steigern könne, indem man entweder Schwefeleisen einem sehr weißen Stein, oder Kupferoxyd einer sehr wenig kupferhaltigen Schlacke zusetzt. Diese häufig wiederholten Versuche, zu denen ich den Bronze-Stein und die an Kupferoxyd reichen Schlacken nahm, die sich am Ende des Gaarmachens (Prozeß X.) bilden, haben stets meinen Erwartungen entsprochen. Dieser Erfolg gewährte mir die Hoffnung, daß wenn ich die Abkühlung der Substanzen stufenweise vornehme, ich im Stande sein würde, krystallisirtes Kupfer zu produciren. Nach einer Reihe von Versuchen bin ich zu folgenden Verfahrungsarten gelangt. In der Mitte des Abstichkanals richtete ich einen halbkugelförmigen Tiegel vor, der 0,60 Meter im Durchmesser hatte, während er in der Mitte 0,25 Meter tief war. Dieser Tiegel stand in Verbindung mit dem Abstich, wurde gänzlich mit Steinen angefüllt, und erhielt alsdann eine Schlackendecke von etwa 0,25 Met. Dicke. Sobald der Abstich vollendet worden war, brachte ich je nach der Beschaffenheit der Substanzen, mit denen ich operirte, eine mehr oder weniger starke Dosis von bronzefarbigem, sehr eisenhaltigem Stein, an irgend einen Punct des blauen Steins ein, und eine gleiche Menge Kupferoxydul-Silicat in die Schlacken. Sobald nun die obere Haut dieser Schlacke erstarrt worden war, streute ich Kohlenpulver und eine bedeutende Masse von Sand darauf, um so viel als möglich eine rasche Abkühlung der geschmolzenen Substanzen zu verhindern.

Bildung eines eigenthümlichen Products, des haarförmigen Kupfers. — Diese Versuche, die ich nicht so ausdehnen konnte, als ich wohl gewünscht hätte, da ich sie in Hütten vornehmen mußte, wo man sich wenig mit wissenschaftlichen Fragen beschäftigt, gaben mir nicht das Product, wegen dessen ich sie unternommen hatte, sondern ein anderes, ganz unerwartetes und noch selteneres. Eine von den Ursachen ergab mir da, wo der Stein die Schlacke berührt, einen großen Blasenraum, wenigstens von einem Inhalt von 200 Kubikcentimeter, der gänzlich mit Kupfer in außerordentlich zarten Fasern oder Härchen ausgefüllt war, die mit den lebhaftesten Farben irisirten und gänzlich die Biegsamkeit von Fäden hatten, die von organischen Stoffen herrühren. Das Ganze hatte fast die Consistenz einer großen Masse von Hanf oder Flachs. Die Analyse, deren Resultat hierunter mitgetheilt wird, beweist, daß diese Härchen aus fast reinem Kupfer bestehen:

Kupfer (directe Wägung)	0,982	0,994
Eisen	0,004	
Nickel	0,006	
Eingemengter Sand und Kohle	0,002	

Die aufgeführten Thatsachen scheinen mir hinreichend zur Begründung der vorgeschlagenen Theorie, und es würde mir schwierig erscheinen, wollte man sie bestreiten, sobald man die Stücke gesehen hat, die ich für die metallurgischen Sammlungen der Pariser Bergwerk-Schule mitgebracht habe. Seit 1842 ist mir diese Theorie von großem Nutzen bei dem Studium der Kupferhütten in Schweden, im nördlichen Deutschland, in Ungarn und in Sibirien gewesen. Ich war im Stande, die freiwillige Entstehung von haarförmigem Kupfer, unter ähnlichen Bedingungen wie in Wales, zu erklären, oder die Bildung desselben Productes auf künstliche Weise hervorzurufen.

VIII. Sechster Prozeß.

Fabrikation des weißen und rothen Steins (aus Schlacken), oder Wiederdurchschmelzen der reichen Schlacken von den Prozessen IV, VII und VIII.

Zweck und Prinzip des Prozesses. — Das Wiederdurchschmelzen der Schlacken ist noch einer von den charakteristischen Prozessen des Waleser Hüttenbetriebes, welcher selbst in seinem Prinzipe durchaus von analogen Prozessen in den Kupferhütten auf dem Festlande abweicht. Das sogenannte Schlackenkupfer dieser letztern, welches bei dem Durchschmelzen der Schlacken erfolgt, hat nur eine schlechte Beschaffenheit, während es in den Waleser Hütten eine sehr geschätze Sorte bildet, die im Handel unter der Benennung best selected, oder bestes ausgewähltes Kupfer bekannt ist.

Das Material zu dieser Arbeit liefern die an Kupferoxydul reichen Schlacken von den Prozessen IV, VII und VIII. Man sucht dieses Kupfer stets in einen reichern Stein zu concentriren, als der blaue von dem Schmelzen V ist, und man gelangt hauptsächlich dahin, wenn man eine gegenseitige Reaktion des Kupferoxyduls dieser Schlacken und eines Steins veranlaßt, dessen Elemente entweder von dem, den Schlacken mechanisch beigemengten Körnern, oder von sehr reinen kupfer- und eisenhaltigen Sulfureten herrühren, die gewisse Varietäten von Erzen liefern. Diese Reaction, deren Prinzip bereits in Abschn. VI. näher entwickelt wurde, würde nur einen Stein produciren; allein die Erfahrung hat die Schmelzer dahin geführt, daß man die Qualität desselben wesentlich verbesserte, wenn man eine gewisse Quantität Kupfer fällte. Zu dem Ende schlagen sie der Beschickung kleine Kohlen zu, durch die, wenn sie mit der Schlacke in Berührung tritt, ein gewisser Theil von dem Kupferoxydul reducirt. Das metallische Kupfer fällt durch die Schlacken und den Stein auf die Herdsohle nieder, und bildet dort gewöhnlich 2 bestimmte Schichten; die untere ist gewöhnlich nichts anders, als ein sehr unreines Schwarzkupfer, Böden (bottoms) genannt; die obere besteht aus einer weißen, sehr spröden Legirung aus Kupfer und Zinn, von den Arbeitern harter Stein (hard metal) genannt.

Man könnte zuerst zu der Annahme geführt werden, daß der Zusatz eines kohligen Reductionsmittels den Zweck habe, die Zugutemachung einer Schlacke, die gänzlich weggeworfen werden muß zu beschleunigen; allein die intelligentesten Schmelzer stimmen darin überein, daß der wesentliche Zweck dieses Zusatzes eine Verbesserung der Qualität des in dem Stein enthaltenen Kupfers sei. Weiter unten werde ich die Theorie mittheilen, welche mir diese Praxis zu erklären scheint, jedoch müssen wir erst die Beschaffenheit der verschiedenen erlangten Producte kennen gelernt haben.

Materialien und Brennstoffe. — Das der Beschickung zugesetzte Erz ist gewöhnlich ein Kupferkies, der frei von nachtheiligen Beimengungen ist, sehr viel Quarz enthält, und der zu arm sein würde, um geröstet bei dem Schmelzen V zugesetzt zu werden. Man zieht von dieser Gangart auf folgende Weise einen Nutzen. Da die schwefelhaltigen Materialien in der Beschickung seltener sind, als in denen des Schmelzens IV und V, so kann man die Herdsohle nicht so gegen die zerfressende Einwirkung der Schlacken schützen. Dieser Nachtheil zeigt sich hauptsächlich am Umfange des Herdes, da die Schwefelmetalle in dem Maß, als sie flüssig werden, von allen Seiten nach dem Abstich laufen. Man hilft diesem Nachtheile ab, indem man das Erz an den Rändern des Herdes

aufsetzt; indem das Sulfuret von dieser erhöheten Peripherie her flüssig wird, schützt er so viel als möglich alle Theile des Herdes und der darauf bleibende Quarz liefert den Schlacken theilweise die Kieselerde, indem sie sonst ohne diesen Umstand gänzlich von dem Herde weggenommen werden würden.

Die zur Reduction nothwendige Kohle wird hauptsächlich unter zweierlei Gestalten zugefügt: man wirft einige Schaufeln voll von demselben staubförmigen Anthracit hinzu, der auch zur Feuerung verwendet wird, so wie auch zu gleicher Zeit pulverförmige Substanzen, die auf der Hüttensohle, in der Nähe der Oefen von den Prozessen VIII, IX und X gesammelt werden. Dieselben enthalten auch einige kupferhaltige Theilchen, bestehen aber außerdem hauptsächlich aus denjenigen beiden Materialien, die am meisten in der Hütte angewendet werden, nämlich: Brennmaterial und Sand zu den Abstichen. Diese kohligen Substanzen werden meistens vor dem Einbringen der Schlacken auf den Herd geworfen, und tragen sehr wesentlich dazu bei, daß er gegen die zerfressende Einwirkung der Schlacken, während der ersten Periode der Schmelzung, gesichert bleibt.

Personal und Material des Prozesses. — Das zur Feuerung der Oefen angewendete Brennmaterial besteht aus einem Gemenge von 0,74 Anthracit und 0,26 Steinkohle; die Tonne von diesem Gemenge kostet 4,85 Schill.

Jeder Ofen wird, wie bei den Prozessen IV und V, von 2 Arbeitern und einem Knaben bedient; die Löhne sind hier fast dieselben, und die Arbeitszeit theilt sich fast auf gleiche Weise zwischen dem eigentlichen Schmelzen und dem Transport der Materialien und Producte.

Der Ofen (Taf. II., Fig. 6, 7 und 8.) hat dieselbe innere Einrichtung wie die zu den vorhergehenden Schmelzprozessen angewendeten; in der äußern Einrichtung bedingt die Beschaffenheit der verarbeiteten Materialien eine wesentliche Verschiedenheit. Die in großen Stücken in den Ofen eingetragenen Schlacken könnten durch Aufschütten nicht hineingebracht werden, weshalb man dieselben weggelassen hat. Da es ferner sehr schwierig sein würde, sie auf alle Theile der Herdsohle durch die Thür einzutragen, die am Ende der großen Achse angebracht ist, so haben diese Oefen an einer der langen Seiten, an dem einen Ende der kurzen Achse, eine Thür, durch welche die Beschickung theils mit einer Schaufel, theils mit der Hand aufgesetzt wird. Diese Seitenthür öffnet sich nur im Augenblick des Ladens; während des Betriebes bleibt sie luftdicht verschlossen. Die Wölbung, in welcher die Stichöffnung angebracht ist, liegt stets dieser Thür am andern Ende der Achse gegenüber.

Mittlere Zusammensetzung der Ladungen. — Jede Charge besteht im Mittel aus 2 Tonnen kupferhaltigen Materialien, mit denen man direct oder indirect die folgenden Substanzen vereinigt:

Schlacken von den Schmelzen IV, VII und VIII . .		1,718 Ton.
Quarziger Kies		0,166 „
Walzwerks-Abfälle (ohne die eingemengten Kohlen) .		0,116 „
		2,000 „
Beigemengte Kohle	0,099 T.	} 0,196 „
Erdige Substanzen der Herdsohlen . . .	0,076 „	
Desgleichen der Ziegelsteine	0,020 „	
	Summa:	2,195 Ton.

Allgemeine Resultate des Schmelzens. — Die zur Schmelzung einer jeden von diesen Chargen erforderliche Zeit beträgt durchschnittlich ebenfalls 5

Stunden 47 Minuten; man setzt in jedem Ofen wöchentlich 22 Chargen durch.

Läßt man das Brennmaterial, welches nicht zu den Fundamentalreactionen benutzt wird, welches auf dem Metallbade bleibt und durch Einwirkung der oxydirenden Gase verbrannt wird, unberücksichtigt, so kann man folgende Vergleichung zwischen den Materialien und den Producten des Prozesses aufstellen.

Vergleichung des Schlackenschmelzens:

Materialien.		Producte.	
Reiche Schlacken IV	0,671	Weißer Stein für VIII	0,057
„ „ VII	0,095	Rother Stein für VIII	0,016
„ „ VIII	0,053	Zinnhaltige Legirung	0,005
Kiesiges Erz (5. Classe)	0,079	Kupferhaltiger Herd für IX	0,008
Gekrätz von den Oefen VIII, IX und X	0,055	Arme Schlacken	0,901
Kohle als Reagens angewendet	0,001	Ofenbruchstücke für IV	0,006
Erdige Substanzen: Sand	0,036	Kohlensäure	0,003
„ „ Ziegelsteine	0,010	Schwefligsaures Gas	0,003
		Wasser und Kohlensäure des Erzes	0,001
	1,000		1,000

Die verschiedenen Theile der zum Schlackenschmelzen angewendeten Oefen haben fast dieselbe Dauer, als bei denen, welche zu dem Schmelzen IV und V dienen.

Die Arbeits- und Feiertage stehen für jeden Ofen in folgenden Verhältnissen:

Arbeitstage		213
Feiertage:		
Sonn- und Festtage	56	
Reparaturen und Anfeuern	32	152
Reserve, mit Feuer auf den Rost	25	
Vollständiges Kaltlager	39	
	Summa:	365

Die Schmelzkosten auf eine Tonne der geschmolzenen Materialien sind in der folgenden Berechnung zusammengestellt; jedoch hat man die als Reagens hinzugesetzte Kohle dabei außer Acht gelassen.

VI. Schmelzkosten für 1 Tonne Materialien und bei dem Schlackenschmelzen. — (Schlacken 0,859 Tonnen, Erz 0,083 T., Gekrätz 0,058 T.)

Arbeitslöhne und Materialien.	Tage.	Lohn für einen Tag.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Arbeiter. — Transport und Schmelzung der Materialien und der Producte	0,256	4,89	1,252
Knaben. — Transport des Brennmaterials und des Klinkers	0,136	4,85	0,116
	0,392	3,49	1,368
Materialien.	Tonnen.	Kosten für die Tonne.	
Brennmaterial zur normalen Arbeit	0,388		
Desgl. zu Nebenarbeiten	0,129		
Desgl. für die metallurgischen Reactionen (in der Beschickung)	0,049		
	0,566	4,85	2,745
Sand zum Herde	0,039	2,75	0,107
Feuerfeste Ziegelsteine	0,009	26,00	0,234
Feuerfester Thon	0,007	8,00	0,056
Unterhaltung des Inventars	—	—	0,098
Summa:	....	....	4,608

Eigenschaften und Zusammensetzung der verschiedenen Producte. — Die Producte des Schmelzens VI sind sehr verschiedenartig. Das Hauptproduct ist ein weißer Stein, in seinen äußeren Kennzeichen und in seiner chemischen Zusammensetzung ähnlich dem, welcher beim Schmelzen IV fällt. Ich fand in einer guten Varietät von schönem Ansehen und bei dem besten Betriebe erfolgt, die nachstehende Zusammensetzung:

Kupfer	0,746	
Eisen, Spur von Nickel	0,031	
Zinn	0,003	0,993
Schwefel	0,202	
Schlacke und eingemengter Sand	0,011	

Ich habe daher in der Berechnung der metallurgischen Reactionen (Abschn. XIII.), daß diese Zusammensetzung mit der des weißen Steins, der beim Schmelzen IV fällt, identisch sei.

Von Zeit zu Zeit, wenn die Schmelzschichten sehr schwefelreich sind, erhält man ein Product, welches in den Hütten sehr uneigentlich rother Stein genannt wird. Er gleicht sehr dem blauen Stein des Schmelzens V; er ist von demselben nur durch den gewöhnlichen Mangel an metallischem Kupfer, durch einen dichtern Bruch und durch einen bedeutendern Kupfergehalt verschieden. Die Analyse hat ergeben:

Kupfer	0,621	
Eisen	0,119	
Nickel, Kobalt	0,002	0,995
Zinn	0,018	
Schwefel	0,228	
Schlacke und eingemengter Stein	0,007	

Zur Vereinfachung der Berechnung der metallurgischen Reactionen, habe ich die folgende Zusammensetzung angenommen, welche mit der Formel $2\ Cu^2\ Su + Fe\ Su$ übereinstimmt.

Kupfer	0,627	
Eisen	0,134	1,000
Schwefel	0,239	

Die Legierung von Kupfer und Zinn, harter Stein (hard metal) genannt, welches sich gewöhnlich unter dem vorhergehenden Stein findet, ist hart, spröde, von schönem Zinnweiß; die Analyse (Abschn. XVI, 9.) hat die folgende Zusammensetzung gegeben:

Kupfer	0,662	
Zinn	0,284	
Eisen, Nickel, Kobalt . . .	0,027	0,993
Arsenik.	0,020	
Schwefel	Spuren	

Dieses Product kommt in den Handel: es wird gewöhnlich in den Werkstätten benutzt, wo man die Materialien zum Beschlagen der Schiffe und besonders die Nägel anfertigt, die zur Befestigung des Kupferblechs dienen.

Unter dieser Legierung findet man oft auf dem Boden des Abstichkanals ein sehr unreines Schwarzkupfer, bottoms genannt, in dünnen Schichten, deren frischer Bruch eine etwas röthliche Bronzefarbe zeigt. Die dünnsten Varietäten, welche am wenigsten Kupfer zu enthalten scheinen, zeigen oft selbst nur eine grauliche Farbe. Durch Hammerschläge werden sie leicht zerbrochen, ohne jedoch die Sprödigkeit der weißen Legierung zu haben. Die Analyse weist in einer röthlichen Varietät folgende Bestandtheile nach:

Kupfer	0,865	
Eisen, Mangan, Nickel . .	0,032	
Zinn	0,007	0,991
Arsenik	0,018	
Schwefel	0,069	

Kupfergehalt und Zusammensetzung der armen Schlacke. — Die Schlacke endlich, die man über die Halde stürzt, und die alle diese Schwefelmetalle und Metall-Legierungen bedeckt, nähert sich in ihren äußern Kennzeichen sehr der vom Schmelzen IV. Sie zeigt eine Tendenz zu einer etwas deutlichern Krystallisation, welches daher zu rühren scheint, daß sie in den Abstichkanälen in größerer Masse erkaltet, so wie darin, daß sie mehr Kieselerde enthält. Der Kupfergehalt ist in dieser Schlacke viel gleichförmiger verbreitet, jedoch geringer, als in der Schlacke von dem Schmelzen II; außer den vorhin angedeuteten Vortheilen, hat das Schmelzen Nr. 6 zum Resultat, daß der ganze Kupferverlust, den die Waleser Methode erleidet, geringer ist, als er sein würde, wenn alle diese Schlacken bei dem Schmelzprozeß II durchgesetzt würden.

Um den genauen Gehalt der armen Schlacke festzustellen, ließ ich eine Woche lang Stückchen von allen Schlacken sammeln, die von 4 Oefen gefallen waren. Die Analyse einer Probe, die für jeden Ofen aus dem Gemenge und

der Pulverisirung aller Stückchen herrührte, hat die folgenden Resultate gegeben:

Ofen Nr. 1	0,003
„ „ 2	0,003
„ „ 3	0,004
„ „ 4	0,005
Mittlerer Gehalt:	0,0038

Die Probe von 10 Stückchen, die ganz zufällig unter den Stückchen von den 4 Oefen, während einer Woche gesammelt worden sind, haben gegeben:

1 Stückchen enthielt	0,002
2 „ enthielten	0,003
3 „ „	0,004
2 „ „	0,005
2 „ „	0,006
Mittlerer Gehalt:	0,0042

Die Untersuchung des Schwefels in der Schlacke giebt ein höheres Verhältniß als das Aequivalent des darin enthaltenen Kupfers. In dieser Beziehung wird die Schlacke daher durch den Erzkies und durch das Reductionsmittel aufgenommen, welches der Schmelzschicht in demselben Zustande zugesetzt wird, als bei dem Schmelzen II. Sie enthält außerdem eine mechanische Beimengung von Stein, so wie eine Spur von chemisch gebundenem Schwefeleisen. Die Zusammensetzung dieser Schlacke wird folgendermaßen von der Analyse bestimmt.

Gefundenes Resultat.		Berechnetes Resultat.	
Kieselerde	0,400	Kieselerde	0,402
Eisenoxydul	0,529	Eisenoxydul	0,527
Thonerde	0,018	Thonerde	0,018
Kalkerde	0,024	Kalkerde	0,024
Talkerde	0,003	Talkerde	0,003
Zinnoxydul	0,005	Zinn-, Chrom-, Nickel-, Kobalt-Oxyd ꝛc.	0,015
Chrom-, Nickel-, Kobalt-Oxyde ꝛc.	0,010	Kupfer	0,004
Kupfer	0,0038	Schwefel	0,003
Schwefel	0,0035	Eisen	0,004
Summa:	0,9963	Summa:	1,000

Es ist ein Sesquisilicat $B^2 Si^3$, im Wesentlichen ebenso zusammengesetzt wie alle Waleser Schlacken, aus Eisen-Silicat.

Eigenthümliche metallurgische Reaction bei dem Schlackenschmelzen. — Das Prinzip des Schmelzens VI besteht demnach zuvörderst darin, das mit den Schlacken verbundene Kupferoxydul zu reduciren, und es durch den doppelten Einfluß einer großen Menge mit dem Stein verbundenen Schwefeleisens, (wie bei dem Schmelzen IV und V.) und einer Spur von Schwefeleisen, die mit dem Silicat dieser Schlacke verbunden ist (wie beim Schmelzen II), in den Stein übergehen zu lassen. Man reinigt darin ferner den producirten Stein, indem man durch den Einfluß des Kupfers und Zinnes, Substanzen wie Arsenik, Nickel und Kobalt, die hauptsächlich der Qualität des Kupfers nachtheilig zu sein scheinen, entzieht. Diese Reaction, die man bei den vorhergehenden Prozessen zu vermeiden sucht, ist charakteristisch für das Schmelzen VI, und verdient eine besondere Discussion.

Reinigung des Steins unter dem Einfluß der gefällten Metalle. — Die Analysen, deren Resultate weiter oben mitgetheilt worden sind, beweisen, daß die von ihrer Verbindung mit der Kieselerde befreiten Metalle, außerhalb der Affinität der Sulfurete, die nachtheiligen Substanzen aufnehmen, die ohne diesen Umstand zum Theil mit dem Stein verbunden bleiben würden. Die Praxis der Hütten und die in den vorhergehenden Abschn. erörterten Betrachtungen beweisen, daß der Zusatz von Kohle, der bei dem Schmelzen VI gemacht wird, einzig und allein den Zweck hat, auf dem Wege der Reduction diese Agentien der Reinigung hervorzubringen. Der einzige Zusatz von kiesigen Erzen würde den Schlacken sehr leicht alles gebundene Kupferoxydul nehmen; es würde dann weder Kupfer noch Zinn erfolgen. Diese beiden Metalle, welche durch die directe Einwirkung der Kohle auf die Oxyde der Silicate reducirt worden sind, können sich in diesem Zustande nicht mit dem Steine oder dem Eisen verbinden, und das Kupfer ist alsdann vollständig mit Schwefel gesättigt. Der Zuschlag von Kohle zur Beschickung, veranlaßt demnach eine Art von Strom des Kupfers und Zinnes im molecularen Zustande, worin es den Stein durchdringt, und sich im untern Theile des Bades vereinigt. Dieser metallische Strom ist es, der, nach meiner Ansicht, die wesentliche Ursache von der Reinigung des Steins ist. Die Arsenik-, Nickel- und Kobalt-Sulfurete, die ein großes Bestreben haben, ihre Basis an diese beiden Metalle abzutreten, so wie ihren Schwefel an die andern Elemente des Steins, zersetzen sich unter diesem Einflusse sehr langsam.

Es bilden sich Legierungen, welche auf den Boden des Bades niederfallen, und je nach dem Zeitpuncte des Schmelzens entsteht entweder Schwefelkupfer, wenn dies in dem Stein zurückbleibt, oder Schwefeleisen, welches sich zum Theil mit den Silicaten der Schlacke verbindet. Viele Hüttenprozesse, wie man sie im nördlichen Deutschland, in Ungarn, im Banat, in Norwegen ꝛc. findet, geben Beispiele von ähnlichen Reactionen, welche von dem Metall auf die Schwefelverbindungen ausgeübt werden. Wenn man z. B. reines Blei, tropfenweis mitten durch einen Stein, oder eine Verbindung von Schwefelblei, Schwefelarsenik und Schwefeleisen, welche eine gewisse Menge von Schwefelsilber enthält, gehen läßt, so erhält man einen Stein, der fast gar kein Silber enthält, wogegen dies fast alles in das Blei übergegangen ist, und auch einen bedeutenden Theil von Arsenik aufgenommen hat. In diesem letztern Fall nimmt das Blei das Silber und das Arsenik aus dem silberhaltigen Stein weg, wie bei dem Waleser Kupfer-Schmelzprozeß Kupfer und Zinn den weißen oder den rothen Stein von Arsenik, Nickel, Kobalt u. s. w. befreien.

Dieses Prinzip der Reinigung von den Schlackenverbindungen, mittelst der Abscheidung einer geringen Menge der Metalle, findet sich, wie wir in Abschn. X. sehen werden, in dem Prozeß VIII wieder. Auch hier ist die Praxis in den Hütten der Theorie lange vorangegangen und läßt gar keinen Zweifel über die sehr geringe Qualität der *kupferhaltigen Böden*, welche auf diese Weise entstehen, so wie über die Verbesserung, welche dadurch der Stein erhält.

IX. Siebenter Prozeß.

Fabrikation des weißen Extra-Steins, oder Röstung des blauen Steins V.

Zweck und Prinzip des Prozesses. — Der Zweck dieses Prozesses ist der, den blauen Stein in einen weißen zu verwandeln, ähnlich dem, wie er bei dem Schmelzen IV erfolgt, und die schädlichen Substanzen, welche einen nachtheiligen Einfluß auf die Reinheit des Kupfers haben, auf eine wirksamere Weise fortzuschaffen, als es bei dem letztern Prozeß der Fall ist. Man gelangt durch 2 auf einander folgende Reactionen dahin, nämlich: 1) durch eine langsame Schmelzung in einer mäßigen Temperatur, in welcher man unter dem unmittelbaren Einflusse der Luft den größten Theil der schädlichen Substanzen, und einen großen Theil des Kupfers oxydirt; 2) durch ein Schmelzen in einer hohen Temperatur, in welcher, nachdem man mittelst der Kieselerde die gebildeten Oxyde verschlackt hat, den Stein, welcher während der erstern Epoche nicht zersetzt worden ist, dadurch concentrirt, daß man eine Reaction des in der Schlacke aufgelösten Kupferoxyduls, auf das Schwefeleisen in diesem Stein reagiren läßt. Diese letztere Reaction ist ganz gleich derjenigen, welche die 2te Epoche der Schmelzprozesse IV und V charakterisiren, und in dieser Beziehung sind diese Prozesse auf einem gleichen Prinzip begründet. Die oxydirende Reaction aber, die in der ersten Epoche des Prozesses bewirkt wird, ist gänzlich verschieden von derjenigen, die bis jetzt in Frage gestanden hat; sie bildet im Wesentlichen die Röstung, welche ebenfalls der Gegenstand der Prozesse VIII und IX ist. Wie wir sehen werden, ist sie sowohl dem Prinzip nach, als wegen der oxydirenden Reaction, welche sowohl bei der Erzröstung, als auch bei der Röstung des bronzefarbenen Steins angewendet werden (Prozesse I. und III.), sehr verschieden.

Materialien und Brennstoffe. — Der blaue Stein ist das einzige kupferhaltige Material, welches zu dieser Arbeit kommt; jedoch ist es erforderlich zu bemerken, daß er an seiner Oberfläche viel Sand enthält, da er in Sandformen abgestochen wurde, und daß dieser Sand eine sehr nützliche Rolle bei der weitern Zugutemachung spielt. Man wendet keine anderen Reagentien an, als die atmosphärische Luft, den Sand der Herdsohlen, die Ziegelsteine des Ofens und den feuerfesten Thon, den man häufig in den Ofen bringt, um an den untern Theilen der senkrechten Mauern derselben die Löcher zu verstopfen, welche die zerfressende Eigenschaft der Schlacken veranlaßt. Die atmosphärische Luft, welche während der ersten Periode eingeführt wird, dient zu der Bildung der Metalloxyde; der Sand, die Ziegelsteine und der Thon veranlassen durch ihre Rückwirkung auf diese Oxyde, die Schlacke, welche zur Concentration des Steins durchaus nothwendig ist.

Man könnte die Frage aufwerfen, ob es nicht weit einfacher und wohlfeiler wäre, diese Intervention der kieseligen Substanzen zu umgehen, und einzig und allein auf die wechselweise Reaction der Sulfurete, der atmosphärischen Luft und der gebildeten Oxyde, Rücksicht zu nehmen. Man würde bei einem solchen Verfahren die Röstung des Steins nach dem Prinzip bewirken, welches bei dem III. Prozeß befolgt worden ist. Man würde darauf das Kupferoxyd auf die Sulfurete wirken lassen, indem man so viel als möglich die Beschickung dem Einfluß der Kieselerde entzöge. Endlich würde man nur dies letzte Reagens in dem Augenblick hinzuthun, wo nur die Oxyde des Eisens, Nickels, Kobalts rc. zu schmelzen blieben. Jedoch würde die Erfahrung sehr bald die Mängel

dieses neuen Prozesses enthüllen. Um nur einen einzigen zu erwähnen, bemerke ich, daß die Reaction des Kupferoxydes auf die Sulfurete stets mit Entwickelung von schweflichter Säure und Absatz von Kupfer stattfindet. Dieser einzige Umstand würde schon den zu erreichenden Zweck verhindern, weil man statt nur einen weißen Stein, ohne irgend eine Beimengung von Kupfer zu erhalten, man stets kupferhaltige Böden von geringer Güte darstellen würde.

Das Brennmaterial, bestehend aus einem Gemenge von 0,77 Anthracit und 0,23 Steinkohlen, kostet auf der Hütte 4,85 Schill.

Personal und Material des Prozesses. — Der Ofen, in welchem dieser Prozeß vorgenommen wird, hat ganz dieselbe Einrichtung, wie der zum Schlackenschmelzen (VI. Prozeß.). Eine Seitenthür dient zum Einbringen des Steins, jedoch hat der Ofen auch noch eine andere Thür an einer der schmalen Seiten, wie alle andern Wales'schen Oefen, mit Ausnahme der Röstöfen. Eine Stichöffnung der ersteren Thür gegenüber dient zum Ablassen der verarbeiteten und geschmolzenen Substanzen. Die einzige Eigenthümlichkeit, welche diesen Ofen von dem vorhergehenden unterscheidet, ist eine Oeffnung oder ein Register, auf einer von den Brückenseiten angebracht, wie bei den Röstöfen, und die hier dazu dient, während der erstern Epoche der Arbeit eine große Luftmenge einzuführen. Der Durchschnitt dieser Oeffnung beträgt gewöhnlich 0,022 Quadratmeter. Vier solche Oefen dienen gewöhnlich, der eine so wie der andere zu den Röstungen VII und VIII. Gewöhnlich sind 3 von diesen Oefen dazu bestimmt, um die Röstung zu bewirken, die den Gegenstand dieses Abschnittes ausmacht. Kurz, dieser Ofen mit horizontalen Dimensionen, die gleich denen der Schlackenschmelz=Oefen sind (Taf. II., Fig. 6, 7 und 8.), hat gänzlich dieselbe Einrichtung, wie der Ofen von weit größeren Dimensionen, in welchem das Schwarzkupfer dargestellt wird. (Prozeß IX, siehe Taf. I., Fig. 6, 7 und 8.)

Das Personal ist wie das Material bei den Prozessen VII und VIII gemeinschaftlich; es besteht im Ganzen aus 12 Personen. Vier geübte Schmelzer verrichten die Hauptarbeiten, so wie den Transport der Materialien und Producte; ihr Wochenlohn ist derselbe wie der, der bei den vorhergehenden Schmelzprozessen angewendeten Arbeiter; 4 Gehülfen von 15 — 16 Jahren, welche 6 Schill. wöchentlich erhalten, helfen den Schmelzern bei allen Arbeitern. Endlich sind 4 Knaben von 11 — 15 Jahren, wie gewöhnlich, damit beschäftigt, das zum Schüren erforderliche Brennmaterial herbei zu bringen, so wie den Klinker zu scheiden und den unbrauchbaren wegzuschaffen; ihr Tagelohn beträgt im Durchschnitt 0,85 Schill. Man kann die Zeit, die zu einem oder dem andern der beiden Prozesse VII und VIII angewendet wird, nicht genau bestimmen; jedoch hat mir eine genaue Untersuchung dieses Gegenstandes gezeigt, daß eine wöchentliche Schichtenzahl von 12 Stunden sich annähernd auf folgende Weise vertheilen ließ:

	VII.	VIII.	Summe.
	Schichten.		
Schmelzer zu 4,89 Schill. für die Schicht	13,2	8,8	22,0
Gehülfen zu 1,00 " " " "	13,2	8,8	22,0
Knaben zu 0,85 " " " "	16,8	7,2	24,0

Manipulationen bei der Verarbeitung einer Charge. — Man verarbeitet auf einmal 2 Tonnen blauen Stein. Die mittlere Dauer der Verarbeitung einer solchen Charge beträgt etwas weniger als 12 Stunden, und man macht wöchentlich 11 Chargen von dem Montag früh 6 Uhr, bis zum Sonn=

abend Nachmittag 4 Uhr. Man nimmt an, daß in allen Schmelzhütten, in denen die Arbeit Sonntags ruht, die Arbeiter in den 11 Schichten einer Wochenarbeit etwa 2 Stunden gewinnen können. Die wirkliche Dauer der Verarbeitung einer Charge beträgt demnach 11 Stunden, 49 Minuten.

Es ist von Wichtigkeit, daß während der erstern Epoche des Prozesses die Herdsohle eine niedrige Temperatur behält, und daß andererseits diese Herdsohle, wie alle übrigen Theile eines Ofens, am Ende der 2ten Epoche eine sehr hohe Temperatur annehme. Ehe man daher einen neuen Prozeß anfängt, muß man die Herdsohle etwa ¾ Stunden lang abkühlen lassen. Die ganze Zeit, die zur Verarbeitung einer Charge erforderlich ist, zerfällt daher in drei Epochen, von denen eine jede die nachstehende Dauer hat:

1ste Epoche	Ladung	0 St.	15 Min.	8 St. 34 Min.
	Oxydation und Flüssigwerden des Steins	8 =	19 =	
2te Epoche.	Verschlackung der Oxyde und Concentration des Steins	2 =	22 =	2 = 30
	Abstich	0 =	08 =	
3te Epoche.	Abkühlung der Herdsohle und Zusatz von Thon	—	—	0 = 45 =
			Summa:	11 St. 49 Min.

Für den guten Erfolg des Prozesses ist es wesentlich, daß der Stein in sehr großen Stücken, die 2 — 2½ Centr. wiegen. in den Ofen eingetragen werde. Da der blaue Stein sehr spröde ist, so muß man einige Vorsichtsmaßregeln anwenden, um sein Zerbrechen zu verhüten, indem das Zerschlagen zu den zweckmäßig großen Stücken schon beim Abstich aus den Oefen V geschehen ist. Das Handhaben von so bedeutend schweren Stücken erfordert die Vereinigung der Kräfte zweier Schmelzer und zweier Gehülfen, die in jeder Schicht anwesend sind. Wenn der Ofen zur Aufnahme einer Ladung bereit ist, so vereinigen diese 4 Arbeiter ihre Kräfte, fassen ein Steinstück mit eisernen Zangen, legen es auf 2 Eisenstangen, die auf der Hüttensohle liegen und in der Mitte gebogen sind; zwei Arbeiter ergreifen alsdann die Enden dieser beiden Stangen, heben das Steinstück zur Höhe der Ofenthür, legen es auf eine große Schaufel, die ein anderer Arbeiter alsdann in den Ofen einführt, welches mit Hülfe der übrigen Arbeiter sehr schnell geschieht. Mit den übrigen 12 — 15 Steinstücken, welche eine Charge bilden, wird auf dieselbe Weise verfahren. Dieses Laden des Ofens, welches mit der ganzen Kraft geschieht, die dem englischen Arbeiter eigenthümlich ist, dauert nur 15 Minuten. Die Anordnung der Steinstücke im Innern des Ofens, trägt sehr viel zum guten Erfolg des Prozesses bei; sie müssen etwa 1,20 Meter von der Feuerbrücke zu liegen kommen, damit sie nicht ganz unmittelbar den Eindruck der Flamme erhalten; auch muß zwischen den verschiedenen Stücken der möglichst große Zwischenraum bleiben, damit die Gase fortwährend die Masse durchströmen, statt sich einen Durchgang längs den Ofenwänden zu brechen. Man verschließt die beiden Thüren, durch welche die Ladung stattfindet, luftdicht, und überläßt nun den Prozeß sich selbst, indem das Register geöffnet bleibt. Während der ganzen ersten Epoche besteht das wesentliche Erforderniß darin, die Oeffnung des Registers nach den Verhältnissen des Zuges zu reguliren. Der zu erreichende Zweck besteht darin, die Charge so rasch als möglich auf eine dunkle Rothglühhitze zu bringen, in welcher sie dem oxydirenden Einfluß der Luft unterworfen

wird, und tropfenweis schwitzt. Ist dieser Zweck erreicht, so muß man sehr aufmerksam sein, und die Temperatur erhöhen. Sobald der Schmelzer bemerkt, daß der Stein zu rasch schmilzt, vergrößert er den Durchschnitt des Registers, indem er eins von den Ziegelsteinstücken hinwegnimmt, welche die Oeffnung gewöhnlich verengen; er thut das Entgegengesetzte, sobald er bemerkt, daß die Arbeit zu langsam vorschreitet. Der mittlere Durchschnitt der Oeffnung beträgt gewöhnlich 0,016 bis 0,020 Quadratmeter. Die bedeutende Luftmasse, welche durch das Register einströmt, vermindert den Zug des Ofens und die Temperatur der geringen Menge glühender Gase, die aus dem Feuerungsraum ausströmen, so daß diese letztern, welche bis zur Berührung der zu verarbeitenden Stücke gelangt sind, weit eher aus sehr heißen Gasen, als aus einer eigentlichen Flamme bestehen. Die durch das Register einströmende kalte Luft strömt größtentheils auf die Sohle und erhält deren Temperatur unter derjenigen, in welcher die Oxyde auf dieselbe fallen, um entweder auf die Sulfurete, oder auf die Kieselerde einzuwirken. Bei einem zweckmäßig geführten Betriebe, gerathen die Steinstücke etwa 1 Stunde nach dem Einladen in eine langsame Schmelzung; alle Bestandtheile des Steins werden von einander getrennt, und finden sich nach einem Verlauf von 8 Stunden, 19 Minuten als halbgeschmolzenene Massen auf der Herdsohle.

Der Beginn der 2ten Epoche wird mit dem gänzlichen Beschluß des Registers bezeichnet; es entsteht alsdann ein sehr lebhafter Zug, und die Temperatur des Ofens steigt sehr schnell bis zu dem nöthigen Grade, so daß die auf dem Herde angehäuften Materialien auf einander zu reagiren beginnen. Die Sulfurete sammeln sich auf der Sohle des Herdes, während sich die Silicate sehr schnell durch die Reaction der Oxyde auf die Sandkörner bilden, die vorher an dem Stein oder am Herde oder an den Ofenwänden sich befanden. Von diesem Augenblick an concentrirt sich der Stein unter der Schlacke, wie bei den vorhergehenden Schmelzungen, und 2 Stunden, 22 Minuten nach dieser Steigerung der Temperatur, sticht man wie gewöhnlich den Stein und die Schlacke in einen Stichherd von Sand ab.

Sobald der Abstich vollendet ist, öffnet man die Thüren am Ende der großen Achse, um den Zug zu unterbrechen, und um den Ofen abzukühlen. Gewöhnlich läßt man zu dem Ende durch das Register einen schwachen Strom kalter Luft zu, welcher auf die Sohle ebenfalls abkühlend einwirkt. Nach jedesmaligen 2 Prozessen benutzt man diese Betriebsunterbrechung dazu, um den Umfang der Herdsohle, da wo die Ofenwände durch die Schlacken stark angefüllt sind, mit feuerfestem Thon auszufüttern. Sobald der Herd fest genug ist, um von den Steinstücken keine Eindrücke mehr zu erhalten, schreitet man zu einer neuen Charge und diese wird auf dieselbe Weise durchgeführt, wie die vorhergehende.

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Das relative Verhältniß der Materialien und der Producte dieses Prozesses kann annähernd auf folgende Weise festgestellt werden:

Vergleichung der Röstung des weißen Steins:

Materialien.		Producte.	
Zu röstender blauer Stein von V	0,789	Weißer Stein für VIII . . .	0,588
Erdige Materialien: Sand . .	0,108	Arme Schlacke für II	0,103
Desgl. Thon und Ziegelsteine .	0,006	Reiche Schlacke für VI	0,177
Atmosphärische Luft	0,097	Ofenbruchstücke für IV	0,008
	1,000	Schweflichte Säure	0,124
			1,000

Dieser Prozeß ist einer von denjenigen, bei dem eine Beaufsichtigung sogar ein Fehler sein könnte; auch wird sie stets nur sehr tüchtigen Arbeitern anvertraut. Jedoch geht aus dem Mitgetheilten hervor, daß ein geübter Aufseher zu jedem Augenblicke es bestätigen kann, ob der Betrieb gut ist oder nicht.

Arbeits- und Feierzeit für jeden Ofen. — Da bei diesem Prozeß die Oefen einer weit geringern Temperatur ausgesetzt werden, als die fortwährend bei den Prozessen IV, V und VI herrschenden, so sind Reparaturen weit seltener erforderlich. Der ganze Ofen muß nach 30monatlichem Betrieb neu gebaut werden; der Fuchs muß jährlich einmal reparirt werden. Die Betriebs- und die Feierzeiten müssen im Durchschnitt für einen jeden der 2 Oefen auf die hier angegebene Weise vertheilt werden:

Betriebstage		250
Feiertage:		
Sonn- und Festtage	56	
Reparaturen und Anfeuern	14	
Reserve (mit Feuer auf dem Rost) . . .	28	115
Kaltlager	18	
Summa:		365

Endlich lassen sich die Kosten, welche dieser Prozeß erfordert, auf folgende Weise bestimmen:

VII. Röstkosten für 1 Tonne blauen Stein.

Arbeitslöhne und Materialien.	Schichten.	Tagelöhne.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Schmelzer. — Transport und Röstung	0,247	4,89	1,208
Gehülfen. — Desgl.	0,247	1,00	1,247
Knaben. — Transport der Brennmaterialien und der Klinker	0,314	0,85	0,267
	0,808	2,131	1,722
Materialien.	Tonnen.	Tagelohn.	
Brennmaterial für die Normalarbeit	0,712		
Brennmaterial für die Nebenarbeiten	0,108		
	0,820	4,85	3,977
Sand für die Herdsohle, oder mit d. Stein eingebracht	0,136	2,75	0,374
Feuerfeste Ziegelsteine	0,006	26,00	0,156
Feuerfester Thon	0,007	8,00	0,056
Unterhalt des Inventars	—	—	0,086
Summa:	. . . .	. . . .	6,371

Die bei dem VII. Prozeß fallende Schlacke ist, wie die beim Schmelzen IV ein Silicat, dessen Kieselerde nicht mehr Sauerstoff enthält als die Basen; diese bestehen fast gänzlich aus Eisenoxydul.

In einem weißen Stein von guter Beschaffenheit, so wie ihn diese Röstung ergab, habe ich folgende Zusammensetzung gefunden:

Kupfer	0,775	0,998
Eisen	0,022	
Schwefel	0,201	
Arsenik, Nickel, Kobalt	Spur.	

X. Achter Prozeß.

Fabrikation des Concentrationssteines oder Röstung des weißen Extrasteins.

Zweck und Prinzip des Prozesses. — Dieser Prozeß, welcher die Manipulation der außerordentlichen Arbeit (extra process) beschließt, vereinigt die Reinigungsmittel, welche den Prozessen VI und VII eigenthümlich sind. Die Arbeit zerfällt in 2 Epochen: In der ersten wird die eigentliche Röstung bewirkt, d. h. die sehr langsame Schmelzung des weißen Steins unter dem Einfluß des atmosphärischen Sauerstoffs; in der 2ten wird der Stein unter der Schlacke concentrirt. Da aber das Eisen und noch mehr die übrigen Metalle, nur in sehr geringer Menge in dem weißen Stein vorhanden sind, so bildet sich in der 1sten Epoche ein bedeutender Theil von Kupferoxyd, und folglich in der 2ten eine sehr viel Kupferoxydul enthaltende Schlacke. Aus diesem doppelten Grunde ist die Concentration, welche aus der gegenseitigen Reaction des Steins und dieser Schlacke erfolgt, bald beendigt. Der Prozeß kann demnach weit rascher geführt werden, als bei der vorhergehenden Röstung. Da das in der 1sten Epoche gebildete Kupferoxyd sehr vorherrschend ist, so reagirt es zum Theil unmittelbar, bei der Steigerung der Temperatur, welche die 2te Epoche charakterisirt, auf den flüssig gewordenen Stein. Es erfolgen daraus schweflichte Säure, welche entweicht, und metallisches Kupfer. Indem das letztere auf die Sohle des Bades niederfällt, nimmt es dem Stein die schädlichen Substanzen, welche derselbe noch enthalten könnte. Die Concentration des Steins wird daher bei der letzten Steigerung der Temperatur zu gleicher Zeit von der langsamen Einwirkung des Silicats, welches die letzten Spuren der fremden Metalle aufnimmt; durch die directe und kräftigere Einwirkung der Kupferoxyde; endlich durch die auflösende Einwirkung, welche das Kupfer im Entstehen, auf die letzten Spuren von Arsenik und die frembartigen Metalle, die der Stein noch zurückhält, bewirkt.

Materialien und Brennstoffe. — Man verarbeitet bei diesem Prozeß außer dem weißen Stein von der Röstung VII, den weißen und rothen Stein, welcher bei dem Schmelzen VI gefallen ist; allein dieser letztere bildet kaum $\frac{1}{5}$ von dem Ganzen. Beiderlei Steine werden immer für sich zu Gute gemacht, indem man daraus verschiedene Arten von Kupfer gewinnt; das Verfahren ist bei dem einen aber eben so wie bei dem andern. Die angewendeten Reagentien sind, wie bei der Röstung VII, der atmosphärische Sauerstoff, der Sand der Herdsohle und der mechanisch mit dem zu verarbeitenden Stein vermengte Sand,

endlich der feuerfeste Thon und selbst das Material zu den Ziegelsteinen, aus dem die innern Ofenwände gebildet werden.

Das zur Feuerung des Ofens angewendete Material ist ein Gemenge von 0,78 Anthracit und von 0,22 Steinkohlen; es kostet auf der Hütte 4,83 Schill. die Tonne.

Personal und Material des Prozesses. — Der Ofen hat dieselbe Einrichtung, wie der zum Rösten VII angewendete; zuweilen wird er sogar sowohl zu dem einen als auch zu dem andern Prozesse benutzt. Gewöhnlich ist ein einziger Ofen hinreichend, um den Stein, den 5 — 6 Oefen, die zu den Prozessen VI und VII dienen, producirt haben, zu verarbeiten.

So wie wir bereits in Abschn. IX. bemerkten, sind 12 Arbeiter gleichzeitig bei den Prozessen VI und VII beschäftigt, und verrichten wechselsweise die sämmtlichen Arbeiten; die Zeitvertheilung werden wir weiter unten kennen lernen.

Gewicht der Chargen. — Das Specielle der Manipulation ist fast dasselbe, wie bei der Röstung VII; die hauptsächlichsten Verschiedenheiten liegen in dem Gewicht der Chargen, in der Zeit, welche die Verarbeitung einer solchen erfordert, und endlich in der Beschaffenheit der Producte.

Das Gewicht der Charge erleidet in verschiedenen Hütten und oft auch an verschiedenen Tagen einer Woche, einige Abweichungen, die von dem allgemeinen Zusammenhange der Arbeiter herrühren. In einer Hütte, welche sich in Beziehung auf Ordnung und Regelmäßigkeit bei den verschiedenen Abtheilungen der Arbeiten auszeichnet, war das Verfahren folgendes. Zu Anfang der Woche, d. h. unmittelbar nachdem ein neuer Herd angefertigt ist, trägt man nur diejenige Menge weißen Stein ein, welche bei der Verarbeitung von 2 Tonnen blauen Stein bei der Röstung VII gefallen sind; der Ofen VIII verarbeitete 3 Chargen in derselben Zeit, in der ein jeder von den 3 Oefen VII nur eine einzige Charge verarbeitete; es war daher ein Ofen VIII für 3 Oefen VII hinreichend. Zu Ende der Woche aber, da der Ofen etwas weiter geworden war, vermehrte man die Charge etwas, nicht allein um das Product der Oefen VII, sondern auch den bei den Oefen VI gefallenen Stein, der in den ersten Tagen der Woche gesammelt war, weiter zu verarbeiten. Unter den oben angenommenen Umständen betrug eine Charge nach einem wöchentlichen Durchschnitt 1,482 Tonnen und man setzte in 33 Chargen die sämmtliche Production der Oefen VI und VII durch.

Manipulationen bei einer Charge. — Bei denselben Bedingungen betrug die mittlere Dauer der Verarbeitung einer Charge 3 Stunden, 48 Minuten; die Zeitvertheilung dabei ist die nachstehende:

		St.	M.	
1ste Epoche.	Ladung	0 St.	20 M.	2 St. 18′
	Oxydation u. Schmelzung des Steins	1 „	58 „	
2te Epoche.	Reaction der Oxyde in der Schlacke auf die Sulfurete	1 „	20 „	1 „ 30′
	Abstich	— „	5 „	
	Reparatur der Sohle u. d. Wände	— „	5 „	
				3 St. 48′

Obgleich die Ladung eine geringere Gewichtsmenge betrifft, als bei der Röstung VII, so dauert sie doch längere Zeit, weil die wenigstens 3 Centr. wiegenden Steinstücke weit schwieriger zu handhaben sind. Der Stein wird tropfenweis flüssig, und demnach erfolgt diese Schmelzung und die sie begleitende

Oxydation weit schneller. Da zu Anfang der Charge die Temperatur des Ofens noch sehr hoch ist, so erleiden die ersten Steinstücke, welche in 1,20 Meter Entfernung von der Brücke auf den Herd gesetzt werden, den Einfluß der Strahlung von dem Gewölbe und von dem Feuerraum, und fangen schon an zu tröpfeln, ehe die Charge noch vollendet ist. Statt den Ofen abzukühlen, wie es bei dem vorhergehenden Prozeß geschieht, sucht man die Wärme von den vorhergehenden Röstten möglichst zu benutzen, und man unterläßt die neue Charge nur so lange, als es nöthig ist, die am stärksten angegriffenen Theile des Ofens mit Sand und Thon zu repariren. Die auf die Sohle des Ofens niederfallenden Theile bleiben daselbst auch nicht so ruhig liegen, wie bei dem vorhergehenden Prozeß, und besonders ist es zum Theil in der ersten Epoche, daß sich durch Reaction der Kupferoxyde auf die Sulfurete die kupferhaltigen Böden (bottoms) bilden, die auf den untern Theil des Beckens niederfallen.

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Diese läßt sich auf die nachstehende Weise bestimmen:

Vergleichung der Röstung auf Concentrationsstein:

Materialien.		Producte.	
Weißer Stein VII	0,712	Concentrationsstein von VII für IX	0,528
Weißer Stein von VI	0,125	Desgl. von VI für IX	0,112
Rother Stein von VI	0,034	Kupferhaltige Böden des Steins VII für IX	0,088
Erdige Materialien: Herd	0,041	Desgl. von VI für IX	0,020
Desgl. Ziegelsteine und Thon	0,007	Schlacken für VI	0,118
Atmosphärischer Sauerstoff	0,081	Ofenbruchstücke für IV	0,004
Summa:	1,000	Kupfergekrätz für VI	0,002
		Schweflichte Säure	0,128
		Summa:	1,000

Bei der vorhin angegebenen Ordnung der Arbeiten ist die Verwendung der Zeit für jeden Ofen genau dieselbe, als für die Röstöfen VII. Endlich können die Kosten, welche die Verarbeitung des Steins erfordert, folgendermaßen bestimmt werden.

VIII. Röstkosten, um 1 Tonne weißen oder rothen Stein in Concentrationsstein zu verwandeln.

Arbeitslöhne und Materialien.	Tage.	Tagelohn.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Schmelzer — Transport und Röstung.	0,180	4,89	0,880
Gehülfen. — Desgl.	0,180	1,00	1,180
Knaben. — Transport des Brennmaterials und des Klinkers	0,147	4,85	0,125
	0,507	2,34	1,185
Materialien.	Tonnen.	Kosten für die Tonne.	
Brennmaterial für die Normal-Arbeit	0,324		
Desgl. für die Nebenarbeiten	0,048		
	0,372	4,83	1,797
Sand für den Herd, oder zum Einladen mit dem Stein	0,047	2,75	0,129
Feuerfeste Ziegelsteine	0,002	26,00	0,052
Feuerfester Thon	0,006	8,00	0,048
Unterhaltung des Inventars	—	—	0,161
Summa:	. . . .	. . . .	3,372

Eigenschaften und Zusammensetzung der Producte von den Rösten. — Diese Röstung giebt 3 kupferhaltige Producte: Eine Schlacke, einen sehr reichen Concentrationsstein (im Englischen regule genannt), und ein sehr unreines Kupfer (bottoms).

Die **Schlacke**, welche fast ausschließlich aus Kieselerde und Eisen- und Kupferoxydul besteht, enthält im Durchschnitt 0,11 Kupfer, gebunden oder als Stein mechanisch beigemengt. Sie ist nicht vollständig geflossen, blasig, und zeigt annähernd die folgende Zusammensetzung, welche einem einfachen Silicat entspricht:

Kieselerde	0,43	1,00
Eisenoxydul	0,52	
Thonerde	0,01	
Kalkerde	0,01	
Kupfer-Oxydul und Sulfuret	0,12	

Der **Concentrationsstein** ist ein besonderes Product des Waleser Kupferschmelz-Prozesses, welches ich in einer andern Hütte wieder gefunden habe. Es ist fast das Schwefelkupfer der Chemiker im mechanischen Gemenge mit metallischem Kupfer. Letzteres entsteht außerhalb des Ofens durch die Reaction des Steins und der Schlacke, wie dasjenige, welches gewöhnlich mit dem blauen Stein des Schmelzens V vorkommt. Uebrigens zeigt er sich in einer ganz eigenthümlichen Gestalt. Der Concentrationsstein hat in den sehr seltenen Fällen, in welchen er in einer dichten Masse beim Schmelzen erfolgt, eine schöne metallgraue Farbe, in ihrem vollkommensten Charakter. Die Substanz hat viele kleine und auch größere Blasenräume, welche letztere mit einer sehr dünnen Kupferhaut überzogen sind, deren stets sehr glänzende Farbe von dem Zinnweißen

bis zum dunkelsten Roth verschieden ist, bei welcher jedoch die gelben Abänderungen vorherrschen. Die Analyse giebt immer nur Spuren von Arsenik, Zinn, Nickel, Kobalt und Mangan in diesem Concentrationsstein an, der von dem Schlackenschmelzen oder von der außerordentlichen Arbeit herrührt. Gewöhnlich enthält er aber eine bestimmbare Quantität von Eisen. Mehrere Analysen haben mir den folgenden durchschnittlichen, sehr genauen Gehalt gegeben:

Kupfer	0,811	1,998
Eisen	0,002	
Schwefel	0,185	

Es ist ein Gemenge von Kupfer und von Schwefelkupfer, dargestellt durch die Formel: $0{,}2\ Cu + Cu^2\ Su$.

Der von den Waleser Arbeitern zur Bezeichnung dieses Productes angenommene Namen regulus kann nicht in unsere deutsche metallurgische Nomenklatur eingeführt werden, indem man damit im Allgemeinen ein reines Metall oder eine Metalllegierung, oder eine Verbindung derselben mit Arsenik, welches alsdann die Rolle des Vererzungsmittels spielt, bezeichnet. Die von mir angenommene Benennung scheint für ein mechanisches Gemenge von Sulfuret und Metall zweckmäßig zu sein.

Kupferhaltige Böden, womit man sehr charakteristisch das unreine Schwarzkupfer bezeichnet, finden sich auf dem Boden des Stichherdes in breiten Platten von 0,05 bis 0,10 Meter und von einer Dicke von 0,01 bis 0,02 Meter. Der Bruch ist körnig, oder etwas schuppig, von lebhaft hellrother Farbe und zeigt zugleich matte und glänzende Stellen. Die Bruchstücke haben an ihrer Oberfläche gewöhnlich viel Stein und Sand eingesprengt, welche man jedoch durch eine mechanische Arbeit nicht trennen kann.

Die Analyse hat mir von einem kupferhaltigen Boden, mit den obigen Kennzeichen, von welchem ich jedoch durch Hämmern alle genannten Beimengungen entfernt hatte, folgende Zusammensetzung gegeben:

Kupfer	0,925	0,995
Eisen, Nickel, Mangan . .	0,016	
Zinn	0,002	
Arsenik	0,004	
Schwefel	0,048	

Diese Analyse führt zu denselben Folgerungen, wie die von den kupferhaltigen Böden des Schmelzens VI, und des haarförmigen Kupfers vom Schmelzen V. Sie unterstützt die weiter oben in Abschn. VI und VIII ausgesprochenen Ansichten. Diese betreffen nämlich: 1) das Bestreben des Nickels und der Metalle mit ähnlichen Affinitäten, aus der Schlacke in kupferhaltige Producte überzugehen; 2) das Bestreben derselben Metalle, des Zinnes und Arseniks, Schlacke und Stein zu verlassen und sich mit dem metallischen Kupfer zu fällen.

XI. Neunter Prozeß.

Fabrikation des Schwarz- oder Rohkupfers, oder Röstung des gewöhnlichen weißen Steins, des Concentrationssteins und der kupferhaltigen Böden.

Hauptzweck des Prozesses; Verarbeitung des Steins, der bei den Unterabtheilungen der Arbeit fällt. — Die in dem Vorhergehenden beschriebenen Manipulationen geben in ihrer sehr verwickelten Verkettung, kurz angegeben, außer den Zwischenproducten, die darin in ununterbrochener Verarbeitung befindlich sind, eine geringe Anzahl endlicher Producte, nämlich: der gewöhnliche weiße Stein, der von dem Schmelzen IV kommt; der Concentrationsstein, entweder von der außerordentlichen Arbeit V oder von dem Schlackenschmelzen VI, welche sämmtlich bei den Röstungen VII und VIII gereinigt werden, endlich die kupferhaltigen Böden, die entweder bei derselben Röstung oder beim Schmelzen VI entstehen. Alle diese Producte von verschiedenen Reihen von Arbeiten, vereinigen sich in diesem IX. Prozeß des Waleser Kupferhüttenbetriebes, wie auch die synoptische Tabelle in Fig. 7., Taf. III. zeigt: so daß man, mit Ausnahme der zinnhaltigen Legierungen, die beim Schmelzen VI fallen, kein Stückchen Kupfer in den Handel bringt, welches nicht dieser Arbeit unterworfen gewesen wäre.

Der wesentliche Zweck dieser Röstung ist der, den Schwefel, welcher bis jetzt als Agens der Concentration für das Kupfer erhalten war, als schweflichte Säure zu entfernen, und zu gleicher Zeit, entweder durch Vergasung mit alleiniger Hülfe des Sauerstoffs, oder durch Verschlackung, mittelst der doppelten Hülfe des Sauerstoffes und der Kieselerde, die fremdartigen Substanzen, als Arsenik, Eisen, Zinn, Nickel, Kobalt ꝛc. fortzuschaffen, welche der Reihe der Prozesse von IV bis VIII widerstanden haben. Man gelangt mittelst zweier auf einander folgender Reactionen dahin, nämlich: 1) durch die directe Einwirkung der Luft auf die Substanz, welcher in einer, der Schmelzung nahestehenden Temperatur erhalten, und die tropfenweis flüssig wird, welches die eigentliche Röstung ist; 2) durch die Reaction des in großem Ueberschuß gebildeten Kupferoxydes auf die unzersetzten Sulfurete. Die beiden Producte des Prozesses sind: Fast gaares Schwarz- oder Rohkupfer, viel reiner als die in den Kupferhütten auf dem Continent unter dem Namen Schwarzkupfer bekannten Producte, und eine sehr kupferreiche Schlacke, welche, wie schon bemerkt, bei dem Schmelzen IV mit durch gesetzt wird. Es kommt aber bei diesem Prozeß nicht allein darauf an, das Eisen abzuscheiden, und den Schwefel zu erhalten, wie es bei den Schmelzungen IV und V der Fall ist, d. h. indem man das Kupferoxydul-Silicat auf das Schwefeleisen reagiren läßt; sondern es soll auch noch der Schwefel vertrieben werden. Man muß es vermeiden, daß sich das gebildete Kupferoxyd nicht sogleich durch die Kieselerde verschlackt; allein man muß es in einer hinlänglich hohen Temperatur halten, so daß es auf die Sulfurete wirken kann. Um dieses Resultat zu erlangen, theilt man den ganzen Prozeß in 4 Epochen von fast gleicher Dauer. Die erste umfaßt die eigentliche Röstung, mit Bildung von schweflichter Säure und Oxyden. Die beiden folgenden sind im Wesentlichen der Reaction des Kupferoxyds auf die noch nicht zersetzten Sulfurete gewidmet. Die 4te Epoche vollendet diese Reaction und bewirkt die gegenseitige Abscheidung, einestheils des metallischen Kupfers, welches sich auf der Herdsohle sammelt, und anderntheils der im Ueberschuß vorhandenen Oxyde, welche durch die Kieselerde verschlackt,

sich in Schlacke auflösen und sich auf dem obern Theile des Bades ausbreiten.

Andere Materialien; Brennstoffe. — Die kupferhaltigen Böden bilden nicht eigentlich eine geschwefelte Substanz, allein sie sind mit Concentrationsstein vermengt, der nur mit weit größeren Kosten mechanisch abzuscheiden sein würde, weshalb es zweckmäßiger ist, das ganze Product der Röstung zu unterwerfen. Uebrigens wird dieser Prozeß weit schneller mit einem wesentlich metallischen Product, als mit Stein ausgeführt; es ist gewöhnlich eine 12stündige Schicht dazu erforderlich.

Von Zeit zu Zeit setzt man mit dem Stein und mit dem Concentrationsstein sehr reiche Erze durch, die im Wesentlichen aus Kupferoxyd und aus Schwefelkupfer bestehen, und ausnahmsweise in gewissen in- und ausländischen Gruben gewonnen werden. Diese Erze werden beim Ausschiffen sogleich nach einem Magazin in der Nähe der Röstöfen gebracht.

Die einzigen Reagentien, die bei diesem Prozesse angewendet werden, sind außer der atmosphärischen Luft, Quarz, der als Gangart die reichen Erze begleitet, der Sand der Herdsohlen und der Abstichkanäle, so wie Bruchstücke von Ziegelsteinen und feuerfestem Thon von den Ofenwänden. Das Brennmaterial, bestehend aus einem Gemenge von 0,70 Anthracit und von 0,30 Steinkohlen, kostet auf der Hütte 4,95 Schill. die Tonne.

Personal und Material des Prozesses. — Der Röstofen (Taf. I., Fig. 6, 7 und 8.) hat dieselbe Einrichtung, wie alle Schmelzöfen der Waleser Methode. Der Feuerungsraum hat etwas geringere Dimensionen und der Herd etwas größere, als die Schmelzöfen, welche zu den Prozessen II und IV bis VI dienen. Eine Seitenthür, welche an einem der Enden der Achse von der Sohle angebracht ist, dient zum Einsetzen des Steins, zusammen mit der Arbeitsthür, die sich stets am Ende der großen Achse befindet. Die Schlacken werden mit einer Krücke durch die Schlackenthür abgezogen; das Kupfer wird mittelst einer Stichöffnung, die der Einsatzthür gegenüber liegt, abgestochen. Ein Register, welches dieselbe Einrichtung hat, wie die bei allen Erz- und Stein-Röstöfen, von denen in dem Obigen die Rede gewesen ist, dient zum Eindringen der kalten Luft auf den Herd. Der Betrieb eines solchen Röstofens erfordert nur wenige Arbeit; 2 Arbeiter sind zur Leitung zweier Oefen hinreichend. Sie vereinigen sich bei den Hauptarbeiten, die stets zu Anfang einer Tagesschicht vorgenommen werden. Während der Nachtschicht reicht ein einziger Arbeiter für 2 Oefen aus. Jedoch arbeitet 1 Schmelzer nur 1 Nacht von dreien, so daß 4,67 Nachtschichten in jeder Woche von den Schmelzern gemacht werden; die übrigen aber, der Zahl nach 2,33, von Hülfsarbeitern.

Die Röstöfen werden auch Sonntags im Betriebe erhalten, so daß 2 Oefen wirklich 14 Schichten von 2 Schmelzern erfordern, von denen jeder 27,86 Schill. wöchentlich an Lohn erhält, und 2,33 Nachtschichten von Hülfsarbeitern, die 3,67 Schill. für die Schicht erhalten.

Von allen Apparaten des Waleser Kupferhüttenbetriebes sind die Röstöfen für den Concentrationsstein diejenigen, welche die meisten Verschiedenheiten in der Construction und in den Dimensionen zeigen. Das Gewicht einer Charge wechselt von 2,75 bis 3,75 Tonnen. In einer Schmelzhütte, deren Oefen die angenommenen Dimensionen haben (Taf. I., Fig. 6 und 7.), beträgt das mittlere Gewicht der Charge 3,70 Tonnen; die Dauer der Verarbeitung einer Charge beträgt stets 24 Stunden, so daß man wöchentlich 7 Chargen von zusammen 25,90 Tonnen Stein und kupferhaltigen Böden macht.

Manipulationen bei der Röstung. — Die ganze Dauer der Verarbeitung eines Röstpostens findet sich auf folgende Weise vertheilt:

Ladung		1 St. 00 Min.
1ste Epoche. — Röstung und erste teigige, tropfenweis erfolgende Schmelzung; partielle Reaction des Kupferoxydes und des schon auf die Herdsohle niedergefallenen Sulfuretes		5 = 30 =
2te Epoche. — Abkühlung; Reaction des Kupferoxydes und der Sulfurete; Emporhebung der Masse . .		5 = 30 =
3te Epoche. — Wiedererhitzung; Reaction des Oxydes und der Sulfurete; zweite kiesige Schmelzung . .		6 = 00 =
4te Epoche. — Plötzliche Steigung der Temperatur; Reaction des Kupferoxydes und der Sulfurete; Reaction des überschüssigen Kupferoxydes und der übrigen Oxyde auf die Kieselerde.		
Vollständige Schmelzung	5 St. 45 Min.	6 = 00 =
Abziehen der Schlacken	0 = 10 =	
Abstich	0 = 05 =	
	Summa:	24 St. 00 Min.

Der Stein wird in bedeutend großen Stücken in den Ofen gebracht, zuvörderst durch die Seitenthür, und dann durch die Thür am Ende des Ofens. Diese Arbeit wird auf dieselbe Weise ausgeführt, wie bei den Röstungen VII und VIII; sie beginnt gewöhnlich um 6 Uhr Morgens und endigt gegen 7 Uhr.

Da der Ofen durch diese lange Unterbrechung des Zuges sehr abgekühlt ist, so erhitzt man ihn so rasch als möglich, indem man 10 Minuten lang das Register verschließt. Dies ist hinreichend, um den in der Nähe der Feuerbrücke befindlichen Stein in eine solche Temperatur zu bringen, daß eine halbe Stunde nach Vollendung der Charge, oder um 7½ Uhr Morgens, die ersten Tropfen auf die Herdsohle fallen; worauf die Schmelzungen und Röstungen bis 12½ Uhr Mittags ununterbrochen fortdauern. Alle Substanzen, Sulfurete und Oxyde haben sich alsdann in einem halbteigigen und halbflüssigen Zustande vereinigt, und es findet auf der Herdsohle ein starkes Aufkochen statt, ein Beweis von der unaufhörlichen Reaction, die von dem Kupferoxyd auf die Sulfurete ausgeübt wird. Während dieser ganzen Epoche ist das Register fortwährend geöffnet, und die einzige Arbeit, welche außer dem Schüren zu machen ist, besteht in einer solchen Regulirung der Registeröffnung, daß das Rösten unter vollständig gleichförmigen Bedingungen fortgeht.

Wollte man fortfahren, den Ofen, wie es bis dahin geschehen, zu feuern, so würde die gegenseitige Abscheidung des Steins und der Oxyde fortzugehen nicht zögern, wodurch aber der stufenweisen Zersetzung der Sulfurete und der Abscheidung des Schwefels ein Ende gemacht würde. Man verlängert diese Reaction daher um ein Bedeutendes, indem man die Temperatur des Ofens vermindert. Diese Abkühlung bildet wesentlich die 2te Epoche des Betriebes. Man veranlaßt sie durch theilweises Oeffnen, entweder der Arbeitsthür, oder gewöhnlicher des Schürloches. Von diesem Augenblick an vermindert sich die Temperatur des Ofens, welche nach und nach bis zur lebhaften Rothglühhitze gebracht worden war, stufenweis, und zwar so, daß nach einem Verlauf von 5½ Stunden, die Ofenwände und die auf dem Herde ausgebreiteten Materia-

lien ganz dunkel geworden sind. Während dieser Zeit werden die Oxyde und die Sulfurete in einer so mäßigen Temperatur erhalten, wie sie zur gegenseitigen Reaction hinreichend ist, und welche die Oxyde gegen die verschlackende Einwirkung des Kiesels schützt. Das mechanische Gemenge, welches zur Reaction der halbflüssigen Substanzen unerläßlich ist, wird übrigens unaufhörlich durch ein eben so wirksames als sinnreiches Mittel, welches weder Handarbeit noch Gezähe erfordert, erneuert. Man bedient sich dazu der Wirkung, welche die schweflichte Säure ausübt, die sich unaufhörlich aus dem flüssigen Stein entwickelt und die Masse nach allen Richtungen durchsetzt. Da die Abkühlung zuerst auf der Oberfläche des Bades stattfindet, so kommt ein Augenblick, in welchem die Blasen von schweflichter Säure die zähe Masse mit Gewalt durchbrechen und dieselbe in großen Blasen heben. Es bildet sich auf diese Weise eine außerordentlich poröse, schlackenartige Rinde, die, wie der übrige Theil der Masse, aus einer Menge von Sulfureten und Oxyden besteht. Von diesem Zeitpunkt ab kühlen sich die Substanzen auf der erhitzten Herdsohle, welche mit einer festgewordenen Rinde bedeckt sind, die einen nur schlechten Wärmeleiter bildet, nur sehr langsam ab. Die charakteristische Reaction dieser Epoche dauert daher unter den günstigsten Bedingungen fort, indem das Aufkochen weit wirksamer für die Fortschritte des Prozesses ist, als es ein fortwährendes Umrühren bewirken würde. Während dieser Arbeit der physikalischen und chemischen Kräfte können die meisten Arbeiter die Hütte verlassen; kaum ist es erforderlich, daß einer von den beiden von Zeit zu Zeit Brennmaterial einschürt, da der Zug fast gänzlich unterbrochen worden ist.

Um 6 Uhr Abends, d. h. 12 Stunden nach dem Beginn des Betriebes, und nachdem die Temperatur sehr bedeutend vermindert worden ist, hört die Entwickelung der schweflichten Säuren, dieses wesentliche Kennzeichen der gegenseitigen Reaction der Sulfurete und des Oxydes von dem Kupfer, gänzlich auf. Es ist nun nothwendig, die Substanzen von Neuem zu erhitzen, und diese neue Feuerung des Ofens ist der wesentliche Charakter der 3ten Betriebsepoche. Man gebraucht nur 6 Stunden, um den Ofen nach und nach in die Temperatur zurückzuführen, in welcher er sich am Ende der ersten Epoche befand. Man erreicht diesen Zweck, indem man alle Thüren luftdicht verschließt und das Register öffnet, mit Ausnahme der kurzen Zeiträume, in denen es zweckmäßig ist, den lebhaften Zug zu vermindern. Die obere schlackenartige Rinde wird ebenso wiederum nach und noch flüssig, als sie in der vorhergehenden Epoche fest wurde; die blasige Masse, indem sie durch die Flamme und durch die Strahlung von dem Gewölbe und den Wänden rothglühend wird, giebt der oxydirenden Einwirkung der durch das Register herbeiströmenden Luft nach, während die durch die Masse filtrirenden geschmolzenen Substanzen unter denselben Bedingungen auf die Herdsohle reagiren, als während der 2ten Epoche. Man veranlaßt daher gleichzeitig, bis zu einem gewissen Punct, die beiden Reactionen, welche die beiden ersten Epochen charakterisiren.

Um Mitternacht, d. h. 18 Stunden nach dem Beginn des Prozesses, enthält der Schmelzposten nur noch wenig Schwefel, und es bleibt nur noch übrig, um das fast gänzlich gaar gemachte Kupfer von den bis dahin mechanisch beigemengten Oxyden zu befreien, indem man dieselben mittelst der Kieselerde verschlackt. Man gelangt dahin, mit Anwendung einer weit höhern Temperatur. Zu dem Ende verschließt der Schmelzer das bis dahin offene Register; er verstreicht mit Lehm alle Fugen, welche der Luft noch Zutritt gewähren könnten; er entfernt von dem Rost einen Theil des Klinkers; er macht die verschiedenen

Oeffnungen in demselben nach den in Abschn. IV angegebenen Regeln freier, so daß mehr Luft einströmen kann; endlich aber füllt er den Feuerungsraum mit Brennmaterial, und zwar durch Schüren, welches von diesem Zeitpuncte ab, wenigstens alle 2 Stunden erfolgt. Unter dem Einfluß der sich entwickelnden hohen Temperatur, reagiren die Oxyde auf die Kieselerde, die als Sand dem Stein mechanisch beigemengt war, und welche auch noch weit mehr der Rand des Herdes und die Ofenwände hergegeben haben. Durch Einfluß der sich entwickelnden hohen Temperatur wird das Kupfer vollständig flüssig, es sammelt sich am untern Theil der Herdsohle, welche man den Tiegel nennt, und wird von den Oxyden befreit, die sich auf die Oberfläche begeben, und sich nach und nach in den Silicaten auflösen. Um 5 Uhr 45 Minuten Morgens, nachdem die Scheidung des Kupfers von der Schlacke vollständig erfolgt ist, zieht der Schmelzer durch die Thür am Ende des Ofens die Schlacken ab, und sticht alsdann das Kupfer in einen aus Sand gebildeten Stichherd auf dieselbe Weise ab, wie bei den vorhergehenden Prozessen. Nachdem der Ofen auf diese Weise entleert ist, schreitet man sofort zum Einbringen einer neuen Charge.

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Das relative Verhältniß der Materialien und der Producte dieses Prozesses, kann auf folgende Weise festgestellt werden:

Vergleichung der Röstarbeit für Rohkupfer.

Materialien.		Producte.	
Weißer Stein v. Schmelzen IV	0,577	Rohkupfer von d. weißen Stein	0,433
Concentrationsstein vom Rösten VIII	0,171	Desgl. v. d. Concentrationsstein	0,143
Kupferhaltige Böden von VI und VIII	0,034	Desgl. von den Böden	0,030
Sehr reiche Erze (6te Classe)	0,035	Röstschlacke für IV	0,087
Erdige Materialien: Sand	0,016	Herd für IV	0,007
Desgl. Ziegelsteine und Thon	0,008	Gekrätzkupfer von der Hüttensohle für VI	0,001
Atmosphärischer Sauerstoff	0,159	Kohlensäure und Wasser von dem Erz	0,001
Summa:	1,000	Schweflichte Säure	0,298
		Summa:	1,000

Zeiträume für den Betrieb und für das Kaltlager eines jeden Ofens. — Da die Oefen niemals wie die zu den Schmelzprozessen IV, V und VI angewendeten, dem fortwährenden Einfluß einer hohen Temperatur ausgesetzt sind, so bedürfen sie weit weniger Reparaturen als jene. Der Feuerungsraum und die Brücke halten etwa 1 Jahr, während ein ganzer Ofen etwa nur alle 3 Jahre umgebaut zu werden braucht. Die Herdsohle bleibt auch weit längere Zeit gut und sie nimmt so viel Stein und Kupfer auf, daß sie sich weit mehr erhöht, als angegriffen wird. Nur an den Rändern, da wo der Herd mit den senkrechten Wänden des Ofens in Berührung steht, wird er angefressen, und nur dort muß man Sand und besonders Thon einbringen, um die Ziegelsteinwände zu schützen und die kupferhaltigen Substanzen zu nöthigen, nach dem Tiegel abzufließen, und endlich um die Beschickung mit einem Theile des Materials der Verschlackung zu versehen. Die Zeit des Betriebes und des Kaltlagers eines solchen Stein-Röstofens ist daher auf folgende Weise vertheilt:

Wirkliche Betriebstage		346
Tage des Kaltlagers:		
Sonn- und Festtage	2	19
Reparaturen und Anfeuerungen	13	
Reserve, mit Feuer auf dem Rost	4	
Vollständiges Kaltlager	0	
Summa:		365

Die 7 Oefen, die zur Verarbeitung von 172 Tonnen, die wöchentlich zur Röstung kommen, erforderlich sind, stehen demnach den größten Theil des Jahres im Betriebe. Der mittlere tägliche Betrieb entspricht daher der un-unterbrochenen Benutzung von 6,64 Oefen.

Die Kosten, welche das Steinrösten veranlaßt, können auf folgende Weise festgestellt werden:

Arbeitslöhne und Materialien.	Schichten.	Schichten-Löhne.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Schmelzer. — Transport der Materialien und Producte; Röstarbeit	0,081	3,98	0,322
Hülfsarbeiter für die Nachtschichten. — Röstarbeit.	0,012	3,67	0,044
Knaben. — Transport des Brennmaterials und des Klinkers	0,232	0,85	0,197
Beaufsichtigung der Arbeit	0,081	3,14	0,254
	0,406	2,01	0,817
Materialien.	Tonnen.	Preis für die Tonne.	
Brennmaterial für die Normalarbeit	0,534		
Desgl. für die Nebenarbeiten	0,060		
	0,594	4,95	2,940
Sand	0,010	2,75	0,028
Feuerfeste Ziegelsteine	0,005	26,00	0,130
Feuerfester Thon	0,008	8,00	0,064
Unterhaltung des Materials	—	—	0,085
Summa:	. . . .	. . . .	4,064

Physikalische Kennzeichen und Zusammensetzung des producirten Rohkupfers. — Das rohe oder halbgaare Kupfer, das Hauptproduct dieses Prozesses, wird in Folge der Einrichtung, die man dem Abstichkanal oder der Spur gegeben hat, in so dünnen Stücken oder Böden erhalten, daß sie von den Arbeitern sehr leicht gehandhabt werden können. An der einen Fläche ist gewöhnlich der Sand, aus welchem der Stichherd besteht, hängen geblieben. Die Metallmasse enthält gewöhnlich sehr viel Blasen von allen Größen, welche Veranlassung gewesen sind, daß das Product Blasenkupfer (blistered copper) genannt worden ist. Der frische Bruch zeigt eine dunkelrothe Farbe und die Blasen haben stets braune oder gelbliche Reflexe. Drei Stückchen, die von den Hauptabtheilungen des Betriebes kamen und von jeder mechanischen Beimengung von Schlacke oder Sand befreit worden sind, haben mittelst der Analyse folgende Resultate gegeben:

	Bestandtheile des Productes v dem Schlacken-Concentrationsstein.	Von dem gewöhnlichen weißen Stein.	Von den Böden der extraordinären Arbeit.
Kupfer (durch Differenz)	0,989	0,984	0,975
Eisen	0,008	0,007	0,007
Nickel, Kobalt, Mangan	—	0,003	0,009
Zinn und Arsenik	—	0,004	0,008
Schwefel	0,003	0,002	0,001
	1,000	1,000	1,000

Physikalische Kennzeichen und Zusammensetzung der Schlacke. — Die Schlacke unterscheidet sich in ihrem äußeren Ansehen von allen denen, welche bei den vorhergehenden Prozessen gefallen sind. Sie ist schwarzbraun, ohne Metallglanz, und gewöhnlich mit einer Menge kleiner Blasenräume durchzogen. Sie läßt sich nur schwierig zerschlagen und widersteht den Hammerschlägen eben so sehr, als gewisse poröse Laven, welche fast dieselben äußeren Kennzeichen haben. Die mit der größten Sorgfalt abgenommenen Schlacken enthalten noch eine gewisse Menge Kupfer in sehr feinen Körnchen; allein in den letzten Schlacken, die aus dem Ofen gezogen werden, findet man hin und wieder ziemlich große Körner, die den ganzen Kupfergehalt der Schlacke bedeutend erhöhen. Die Analyse einer Schlacke mit nur wenig beigemengtem Kupfer, mit annähernder Bestimmung des Verhältnisses der gröbern Körnern, die durch das Abziehen mit weggeführt worden sind, haben mich zu der Annahme veranlaßt, daß der mittlere Kupfergehalt der Röstschlacken zu 0,20 bestimmt werden könne. Die Analyse der Schlacke ergab:

Kieselerde	0,475
Kupferoxydul	0,169
Eisenoxydul	0,280
Nickel-, Kobalt- und Manganoxyde	0,009
Zinnoxydul	0,003
Thonerde	0,030
Kalk- und Talkerde	Spur.
Metallisches Kupfer	0,020
Summa:	0,986

Die chemische Zusammensetzung dieser Schlacke wird durch die Formel: $B^2 Si^5$ dargestellt; das Verhältniß der Kieselerde ist darin höher, als in allen Schlacken der vorhergehend beschriebenen Prozesse.

XII. Zehnter Prozeß.

Gaarmachen und Hammergaarmachen des Rohkupfers.

Doppelter Zweck des Prozesses. — Dieser Prozeß hat den Zweck, alle fremdartigen Substanzen, welche das Rohkupfer von dem vorhergehenden Prozeß noch zurück behält, fortzuschaffen, und das vollkommen gereinigte Kupfer so geschmeidig zu machen, wie es nicht mit jedem Gaarkupfer der Fall ist, weshalb es auch nicht unter dem Hammer und mit dem Walzwerke verarbeitet werden kann. Dieser doppelte Charakter des letzten Prozesses des Waleser Kupferhütten=Betriebes wird ganz vollkommen durch die doppelte Benennung in den Hütten: refining and toughening (im Deutschen wörtlich Feinen und Zähemachen) ausgedrückt.

Material. — Man bringt in diesen Prozeß alles Rohkupfer, welches bei den vorhergehenden gefallen ist, ohne Zuschlag von irgend einer andern kupferhaltigen Substanz. Die angewendeten Reagentien sind der atmosphärische Sauerstoff und die erdigen Substanzen des Abstichs, der Sohle und der Wände des Ofens. Außerdem gebraucht man am Ende des Prozesses Kohle und frisches Holz, deren Wirkung wir weiter unten erläutern wollen.

Das zur Feuerung der Oefen angewendete Brennmaterial ist ein Gemenge von 0,70 Anthracit und von 0,30 Steinkohlen, wovon die Tonne auf der Hütte im Durchschnitt 4,95 Schill. zu stehen kommt.

Gaarmach=Oefen; relative Verhältnisse einer mittlern Charge. — Der zum Gaarmachen des Kupfers angewendete Ofen (Taf. III., Fig. 1, 2 und 3.) hat im Allgemeinen die Einrichtung der Schmelzöfen, weicht jedoch von denselben durch folgende Eigenthümlichkeit ab. Die Tiefe des Feuerungsraumes beträgt 1,50 Meter, damit man in einer Zeiteinheit ein größeres Volum der Flamme hervorbringen und, wenn es erforderlich ist, den Zeitraum zwischen zwei auf einander folgenden Schürungen, ohne Nachtheil der lebhaften Verbrennungen, verlängern könne. Der Herdraum ist bedeutend größer, so daß man sehr bedeutende Chargen machen kann, deren Gewicht oft mehr als 10 Tonnen beträgt. Diese große Räumlichkeit wird nicht durch das flüssige Metall, sondern durch die festen Stücke der Charge erfordert, die so über einander gesetzt werden müssen, daß die Flamme so viel als möglich hindurch streichen kann; deshalb ist ein geladener Ofen stets bis zu dem Gewölbe angefüllt. Bei einem Ofen, dessen Charge im Durchschnitt 7 Tonnen beträgt, und dessen beide Achsen auf der Sohle eine Länge von 3,50 und 2,50 Meter haben, beträgt die Höhe des Gewölbes in der Mitte und in der Nähe der Brücke, gewöhnlich 0,88 Meter, und in der Nähe der Arbeitsthür 0,61 Meter über der Sohle. Da die Metalle eine weit größere Tendenz wie der Stein haben, durch die erdigen Porositäten hindurch zu bringen, so giebt man dem Sandherde eines Gaarmach=Ofens eine Dicke von 0,80 Meter; und da dennoch Infiltrationen vorkommen können, so richtet man unter dem Sandherde ein Gewölbe vor, von welchem man alsdann das durchgedrungene Metall leicht wegnehmen kann. Der Ofen hat 2 Thüren, die wie die der Röstöfen angebracht sind; selten bringt man eine Oeffnung und eine Spur zum Abstechen an. Das hammergaare Kupfer wird gewöhnlich mit Menschenhänden und mittelst Kellen aus dem Ofen genommen; zuerst schöpft man es von der Arbeitsthür weg, dann von dem Bade, welches die ganze Herdoberfläche bedeckt, und zuletzt aus dem Tiegel oder Sumpf d aus, welcher den tiefsten Punct der

Sohle bildet, und in den die letzten Theile der Chargen hineinlaufen. In allen vorhergehenden Oefen, in denen die Arbeiter mittelst der Krücke in den flüssigen oder teigigen Substanzen zu arbeiten haben, ist es zur zweckmäßigen Verwendung der Menschenkräfte besser, daß die Schwelle der Arbeitsthür etwa 0,61 Meter über der Sohle liege. Da aber bei diesen Oefen die Arbeit hauptsächlich in einem Ausschöpfen des Metalles mittelst großer Kellen besteht, so beträgt die zweckmäßigste Höhe der Schwelle über der Sohle 0,46 Meter. Die Gaarmach=Oefen liegen daher weniger hoch über der Hüttensohle, als die vorhergehenden.

Das Arbeitspersonal zum Gaarmachen. — Wegen der bedeutenden Menge von zu verarbeitenden Materialien, und wegen des bedeutenden Gewichts der Rohkupferstücke, erfordert das Gaarmachen viele Arbeitskräfte. Der eigentliche Betrieb des Ofens erfordert weniger, und es gehört zu jedem Ofen nur ein Gaarmacher. So wie bei den Steinröstöfen, vereinigen sich immer 2 Gaarmacher zum Betriebe zweier Oefen. Mit Ausnahme einiger Arbeitsepochen, die näher nachgewiesen werden sollen und während deren das ganze Personal in der Hütte versammelt sein muß, ist während des größten Theils von dem Prozesse ein Gaarmacher zur Leitung zweier Oefen hinreichend. Die Eintheilung der Arbeitsschichten ist genau dieselbe, wie bei den Steinröstöfen. Auch hier werden die Gaarmacher in den Nachtschichten durch Hülfsarbeiter unterstützt, welche für 2 Oefen eine Nachtschicht machen, nachdem 2 Schichten von den eigentlichen Gaarmachern gemacht worden sind, so daß ein jeder von den Arbeitern nach 3 Tagen eine Nachtschicht macht. Bei jedem Ofen ist ein Tagegehülfe beschäftigt, der 2 Schill. Lohn für die Schicht erhält, und der hauptsächlich Kohlen und Holz zu den Oefen, und das hammergaare Kupfer von denselben wegschafft; er macht 6 Schichten wöchentlich. Wie bei allen andern Oefen ist ein Knabe damit beschäftigt, das erforderliche Brennmaterial herbei-, und den Klinker aus der Hütte herauszuschaffen. Der Transport und das Einladen des Rohkupfers sind Arbeiten, welche die meisten Kräfte erfordern; die vorhin namhaft gemachten Arbeiter würden dazu nicht ausreichen, und sie werden daher dabei hauptsächlich von denjenigen Arbeitern unterstützt, welche bei den Röstöfen für die Erze und für den bronzefarbenen Stein beschäftigt sind (siehe die Abschn. III und V.). Jeder von den Gaarmach=Oefen erfordert demnach 3 Stunden lang 8 Hülfsarbeiter; das Besorgen der Chargen erfordert daher während $\frac{1}{4}$ Schicht die Anwesenheit von 24 Arbeitern, d. h. $\frac{2}{5}$ von der ganzen Zahl der beim Erz= und Bronze=Stein beschäftigten Arbeiter. Endlich steht ein Meister, der gewöhnlich zu den Beamten gezählt wird, an der Spitze des ganzen Gaarmach=Prozesses, und leitet denselben.

Kurz, eine Hütte mit 3 Gaarmach=Oefen die im Betriebe stehen, erfordert wöchentlich etwa folgende Arbeitskräfte:

Gaarmacher	18 Sch.	à 5,00 Sch.
3 Tagegehülfen	18 =	= 2,00 =
Nachtgehülfen mit Einschluß des wöchentlichen Anfeuerns . .	8 =	= 3,67 =
3 Knaben	18 =	= 0,85 =
Gehülfen beim Laden des Ofens	$39\frac{1}{10}$ =	= 2,17 =
Desgleichen	$26\frac{4}{10}$ =	= 2,33 =

Manipulationen bei der Verarbeitung einer Charge. — Der Betrieb dauert bei einer Charge genau 24 Stunden, und es läßt sich diese Zeit auf folgende Weise vertheilen:

Einladen; Zuschlag der erdigen Substanzen, Reparatur der Sohle ꝛc.	3 St. 00 Min.
Gaarmachen des Rohkupfers:	
Schmelzung und Anfang des Gaarmachens . .	14 = 00 =
Verschlackung und Vergasung der fremdartigen Substanzen	4 = 40 =
Erstes Abziehen der Schlacke	0 = 10 =
Verwandlung des Gaarkupfers in Hammergaares:	
Behandlung mit Kohle und mit Holz	0 = 25 =
Zweites Schlackenziehen und Probenehmen . . .	0 = 15 =
Ausschöpfen des Kupfers und Eingießen in die Formen	1 = 30 =
Summa:	24 St. 00 Min.

Nachdem der Ofen gänzlich von der vorhergehenden Charge entleert ist, bessert man zuvörderst, wenn es erforderlich ist, durch feuerfesten Thon den Rand des Herdes und den untersten Theil der senkrechten Ofenwände mit feuerfestem Thon. Die Herdsohle ist oft sehr uneben, welches von der, an manchen Puncten ausgeübten zerfressenden Eigenschaft des Kupferoxydes, hauptsächlich aber davon herrührt, daß Sand an dem Rohkupfer, durch die bei der vorigen Charge zugesetzte Kohle hängen blieb, endlich auch davon, daß Kupfer an einigen Puncten in die Herdsohle eindrang. Diese verschiedenen Ursachen der Störung haben eine Erhöhung der Sohle zur allgemeinen Folge, weshalb der Arbeiter, um die Sohle wiederum ganz eben zu machen, die hervorstehenden Puncte mit der Brechstange und mit der Krücke wegstoßen muß. Man schreitet alsdann zu einer Charge, wobei man beide Thüren des Ofens benutzt, und wobei man auf die in Abschn. XI. angegebene Weise verfährt. Man sieht dahin, zwischen den verschiedenen Stücken des Rohkupfers möglichst viele Zwischenräume zu lassen, und den Raum zwischen der Sohle und dem Gewölbe so vollständig als möglich auszufüllen.

Nachdem die Charge vollendet ist, verstreicht man die Thüren luftdicht, und während den folgenden 18 Stunden hat der Arbeiter nichts anderes zu thun, als die Leitung des Feuers zu besorgen. Das Kupfer schmilzt nach und nach, indem es zu gleicher Zeit der oxydirenden und reducirenden Einwirkung der beiden Gase, welche die Flamme bilden, ausgesetzt ist. Diese Wirkung löst sich endlich in eine Oxydation auf; das gebildete Kupferoxyd reagirt entweder unmittelbar, oder nachdem es sich mit der Kieselerde verbunden hat, auf diejenigen Substanzen, die oxydirbarer sind als das Kupfer, und es entsteht nach und nach eine Schlacke, in welche, außer dem in großem Ueberschuß gebildeten Kupferoxydul, die Oxyde aller fremdartigen Metalle übergehen, die bis dahin noch in dem Rohkupfer geblieben sind.

Ungefähr 21 St., 40 Min. nach dem Beginn des Prozesses, ist das Kupfer von dem Schwefel, dem Arsenik und von den fremdartigen Metallen so weit befreit, als es die Beschaffenheit des dem Gaarmachen unterworfenen Metalles gestattet. Von diesem Augenblicke an beginnt die eigentliche Arbeit des Gaarmachers, und man richtet die Epochen des Einladens so ein, daß dieser Moment mit dem Beginn der Tagesschicht zusammenfällt, wo alle Arbeiter zu diesem speciellen Dienst versammelt sind. Die erste Arbeit ist das Abziehen der Schlacke, wobei das Metallbad fast gänzlich davon befreit wird. Die Erfahrung zeigt, daß das Kupfer bei diesem Grade der Verarbeitung so viel als möglich von den Substanzen befreit ist, die bis dahin auf seine Reinheit nachtheilig eingewirkt hatten. In

dieser Form könnte es unter denselben Bedingungen verkauft werden, als das Kupfer vieler Hütten auf dem Festlande, welches als Gaar= oder Rosetten=Kupfer in den Handel kommt. Aber wie dieses würde es zu allen solchen Benutzungen ungeeignet sein, welche Geschmeidigkeit erfordern. Der von den Waleser Kupferhüttenleuten toughening und von den Deutschen Hammergaarmachen genannte Prozeß, hat hauptsächlich den Zweck, dem Metall diese Eigenschaft zu ertheilen, welche bei allen bekannten Prozessen stets in dem Augenblick fehlt, in welchem das eigentliche Gaarmachen beendet ist. Bei der Waleser Methode, so wie auch bei allen den auf dem Festlande angewendeten, gelangt man daher zu diesem Resultat, wenn man das gaargemachte Kupfer, während eines Zeitraumes, der sehr beschränkte Grenzen hat, mit Kohle und mit Brennmaterialien in Berührung erhält. Die Erfahrung beweist wirklich, daß diese Geschmeidigkeit nur erst nach einer gewissen Zeit, in welcher das Metall mit Kohle in Berührung stand, erlangt wird, daß sie aber auch wieder geringer wird, wenn man die Dauer dieser Berührung nur um einige Minuten verlängert, ja daß die Geschmeidigkeit durch die fortgesetzte Dauer dieses Einflusses endlich wieder gänzlich verloren geht. Die auf diese Weise durch eine zu lange Berührung mit Kohle zerstörte Geschmeidigkeit kann wieder erlangt werden, wenn, nachdem man die Kohle weggenommen, die Oberfläche des geschmolzenen Metalles eine gewisse Zeit der oxydirenden Einwirkung der Luft aussetzt. Jedoch halte ich mich nicht länger bei diesen in allen Kupferhütten und Kupferhämmern bestätigten Thatsachen auf, da sie allen Metallurgen hinlänglich bekannt sind; sondern ich beschränke mich darauf, die Mittel anzugeben, die man in den Waleser Kupferhütten anwendet, um unter den vereinigten Einflüssen der Kohle und der Luft hammergaares Kupfer darzustellen.

Manipulationen bei dem Hammergaarmachen. — Sobald das Schlackenabziehen beendigt ist, wirft man 4 oder 5 Schaufeln voll Holzkohlen auf das Metallbad; die Kohlen verbreiten sich sogleich über die flüssige Oberfläche, und bedecken sie fast gänzlich. Seit etwa 10 Jahren hat man in Wales Anthracit von großer Reinheit gefunden (siehe Abschn. I.), der zu diesem Zweck eben so gut angewendet werden kann, als die Holzkohle. In ökonomischer Beziehung sind diese letztern vortheilhafter, einestheils, weil sie bei gleichen Gewichtsmengen weniger kosten, und anderntheils, weil sie länger auf der Oberfläche des Metallbades bleiben. Es ist wahrscheinlich, daß alle Waleser Kupferhütten nach und nach in dieser Beziehung das Verfahren derjenigen annehmen werden, die seit 1842 fast gänzlich auf die Anwendung der Holzkohlen Verzicht geleistet haben; die Anwendung dieses letztern Materials wird nur zum Gaarmachen der besten Kupfersorten angewendet.

Sobald das Metallbad mit vegetabilischer oder mineralischer Kohle bedeckt ist, führt man eine Stange von grünem Holz ein, die etwa 0,12 Meter Durchmesser hat, und in der Mitte der Masse etwa auf eine Länge von 0,50 Meter untergetaucht wird. Unter dem Einfluß der hohen Temperatur, welcher das Holz plötzlich unterworfen wird, entwickeln sich aus demselben Gase, welche ein starkes Aufkochen der Metallmasse veranlassen und die Wirkung, welche nach längerer Zeit durch das kohlige Brennmaterial hervorgebracht worden wäre, bedeutend beschleunigen.

Während der Dauer dieser Arbeiten, ist der Zug bedeutend vermindert. Aus dem Feuerungsraum, der in dem Moment des Schlackenabziehens sehr stark gefüllt worden ist, entweicht mit mäßiger Geschwindigkeit eine Flamme, die sich unter dem Gewölbe aufhält, und den Raum zwischen demselben und

der Oberfläche des Metalles größtentheils ausfüllt. Da die durch die geöffnete Arbeitsthür eindringende Luft nicht auf den Herd strömen kann, sondern unmittelbar von der Esse angezogen wird, so kann sie den Ofen nicht abkühlen. Derselbe behält daher während der ganzen Epoche eine sehr hohe Temperatur; die Ziegelsteine des Gewölbes und der Wände lassen die flüssigen Silicate tropfenweis fallen, und diese tragen unaufhörlich dazu bei, auf dem Metall eine neue Schlackenschicht zu bilden.

Proben, welche die Qualität des Kupfers zu jedem Zeitpunct des Gaarmachens angeben. — Nachdem man das Aufkochen während eines Zeitraumes verlängert hat, den die Gaarmacher im Voraus bestimmen können, und der je nach der Beschaffenheit des Metalles 15 bis 25 Minuten dauert, fängt man an, aus dem Kupferbade Proben zu nehmen, um genau den Zeitpunct bestimmen zu können, in welchem das Metall die höchste Geschmeidigkeit erlangt. Dieses Probenehmen ist einer von den interessantesten Umständen der Kupferfabrikation; es ist einer von denen, welche am besten zu zeigen vermögen, bis zu welchem merkwürdigen Grade die praktischen Metallurgen dahin gelangt sind, bei ihrem Arbeitsverfahren die schärfsten und genauesten Resultate durch die einfachsten Mittel zu erreichen. Das Studium des Gaarmachens zeigt auch, daß eine Kunst, die bei dem Arbeiter die Geschicklichkeit im Beobachten sehr feiner Erscheinungen erweckt, in gewisser Beziehung auf die menschliche Intelligenz und auf die Civilisation einen gleich hohen Einfluß ausüben muß, wie die eigentlichen Beobachtungs-Wissenschaften.

Die Bestimmung der Eigenschaften, welche das zu bearbeitende Kupferbad in jedem Augenblicke besitzt, wird auf folgende Weise bewerkstelligt. Nachdem man einen kleinen Theil von der Oberfläche des Bades, in etwa 1,20 Meter Entfernung von der Thür, frei gemacht hat, nimmt der Arbeiter sehr schnell eine geringe Menge Kupfer in einen Einguß, der an das Ende eines starken Eisenstabes geschweißt ist; er bringt auf diese Weise einen kleinen Zain zurück, der etwa 0,04 Meter lang ist und einen Querschnitt von $1\frac{1}{2}$ Centimeter im Quadrat hat. Dieser Zain wird alsdann auf einen Amboß gelegt, und mittelst eines stählernen Meißels, etwa in der Mitte seiner Länge, etwa auf $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ seiner Dicke eingehauen. Darauf befestigt man den Zain mit dem einen Ende in einen Schraubstock, und zerbricht ihn in 2 Theile, indem man auf das andere Ende starke Hammerschläge führt. Der auf diese Weise erhaltene frische Bruch zeigte für jede Kupfersorte Nuancen, welche den Probirer in den Stand setzen, den Grad der Geschmeidigkeit zu bestimmen. Die Kennzeichen des Bruches sind für eine bestimmte Art Kupfer in den letzten Augenblicken des Prozesses, von Minute zu Minute, durch weit schärfere Nuancen zu unterscheiden, als diese Unterscheidung irgend durch chemische Reagentien bewerkstelligt werden könnte. Die Auseinandersetzung aller Thatsachen, die ich mit dem Beistande eines geschickten Gaarmachers zu bestimmen im Stande war, würden Entwickelungen erfordern, die in der vorliegenden Arbeit nicht Platz finden können; eine deutliche Beschreibung der feinen Unterschiede, welche das geübte Auge eines Gaarmachers erkennt, würde übrigens Schwierigkeiten darbieten, die ganz von der Art sind, welche der Mineralog zu überwinden hätte, der alle zur praktischen Bestimmung der Mineralien unerläßlichen Kennzeichen beschreiben wollte. Jedoch erscheint es mir zweckmäßig zu sein, meine Leser auf die merkwürdige Wirksamkeit der Methoden aufmerksam zu machen, die von den Waleser Kupferhüttenleuten aufgefunden worden sind. Zu dem Ende werde ich die Thatsachen auseinander setzen, die sich auf einen der einfachsten Fälle be-

ziehen, nämlich auf das Hammer=Gaarmachen des aus dem Schlacken=Concentrationsstein dargestellten Kupfers, des reinsten, welches die Waleser Hütten in den Handel bringen.

Spezielle Kennzeichen der Proben eines Kupfers von 1ster Qualität. — Wenn man bei dem oben angegebenen Verfahren von Minute zu Minute Proben nimmt und damit zu einem Zeitpuncte beginnt, wo die Wirkung der Kohle und das durch das Holz hervorgebrachte Aufkochen noch nicht hinlänglich gewirkt haben, und man fährt alsdann auf eine unbestimmte Zeit fort, das Metall diesem doppelten Einflusse ausgesetzt zu lassen, so bemerkt man auf dem Bruch der auf einander folgenden Zaine folgende Kennzeichen. Die ersten Zaine zeigen einen körnigen und matten Bruch von dunkel=ziegelrother Farbe; auf demjenigen Theil des Bruchs, der dem mit dem Meißel gemachten Einschnitt nahe ist, bemerkt man kaum Metallglanz. Bei den folgenden Zainen verändern sich die Kennzeichen durch fast unmerkliche Nuancen bis zu einem gewissen Typus, bei welchem der Bruch aus sehr zarten Fasern oder Nerven besteht. Der Metallglanz ist sehr deutlich, besonders auf dem Theil des Bruches, welcher dem Einschnitt nahe ist, und bietet einen sehr deutlichen seidenartigen Reflex dar; die Farbe ist ein charakteristisches Blaßroth, welches man Kupferrosa nennen könnte. Von diesem Typus ab, wird der Bruch wieder gröber; es erscheinen Fasern, die immer deutlicher werden, und auf denen man sehr bald Querstreifen bemerkt; der Glanz ist immer noch metallisch, aber er hört auf seidenartig zu sein; die Farbe wird blasser und nimmt eine entschieden gelbliche Nuance an.

Von einem gewissen Zeitpuncte an erleiden diese Kennzeichen, nachdem sie ihre ganze Entwickelung erreicht haben, durchaus keine Veränderung mehr. Wenn man, nachdem man die Holzkohle und das Holz weggenommen hat, die Oberfläche des Metallbades ohne Schutz dem oxydirenden Einfluß der Luft überläßt, so zeigt sich diese Reihe von Kennzeichen in einer genau umgekehrten Ordnung. Außerdem zeigt auch die Erfahrung auf das Allerbestimmteste, daß die äußersten Typen des Körnigen und des Faserigen Sorten entsprechen, die keine mechanische Wirkung aushalten können, und daß das Maximum der Geschmeidigkeit, deren die Natur des Metalles fähig ist, dem seidenartigen Typus entspricht.

In der Praxis hütet man sich so viel als möglich, die Einwirkung des Holzes und der Kohle über eine mittlere Grenze auszudehnen; sobald man dahin gelangt ist, beeilt man sich, die Kohlen und die dünne Schlackenschicht, welche sich wieder auf der Oberfläche gebildet hat, von derselben abzuziehen. Man wirft eine Schaufel voll frischer Kohlen darauf, welche sich auf der Oberfläche des Metalles zerstreuen; man schürt stark ein, um eine gewisse Menge brennbaren Gases zu erzeugen, welches unter das Gewölbe gelangt, und daselbst sehr langsam verbrennt; darauf schreitet man zum Abstich. Dieser Prozeß wird sehr verschiedenartig ausgeführt und hängt im Allgemeinen von der Anwendung des Kupfers ab. In dem gewöhnlichen Falle vereinigen sich alle Gaarmacher und ihre Gehilfen, um es mit Kellen auszuschöpfen, welche Arbeit, selbst bei der größten Schnelligkeit, etwa 1½ Stunde dauert. Man fährt während dieser Zeit fort, Proben aus den Kellen zu nehmen, mit denen man das Metall ausschöpft. Die auf der Oberfläche verbreiteten Kohlen müssen daselbst eine entgegengesetzte Wirkung von der hervorbringen, welche der atmosphärische Sauerstoff veranlaßt, und unter diesem doppelten Einfluß muß das Metall gewissermaßen in dem Zustande des Gleichgewichts bleiben, worin es sich zu Anfang

des Ausschöpfens befand. Die Proben zeigen, ob dieses Gleichgewicht verändert worden ist; sobald das Metall körnig oder faserig wird, wirft man einige frische Kohlen auf die Oberfläche des Bades, oder man nimmt einige von den darauf befindlichen weg. Nachdem endlich alles Kupfer ausgeschöpft ist, schreitet man zu einem neuen Prozeß.

Vergleichung der Materialien und der Producte. — Das relative Verhältniß der Materialien und Producte bei diesem letztern Prozeß läßt sich auf folgende Weise bestimmen:

Vergleichung des Gaarmachens.

Materialien.		Producte.	
Rohkupfer	0,954	Verkäufliches Kupfer	0,908
Erdige Substanzen: Sand . .	0,013	Gaarschlacke für IV	0,055
Desgl. Ziegelsteine und Thon	0,021	Ofenbruch für IV	0,022
Atmosphärischer Sauerstoff . .	0,012	Gekrätzkupfer für VI	0,002
Summa:	1,000	Schweflichte Säure	0,013
		Summa:	1,000

Die Gaarmachöfen werden rascher zerstört als alle übrigen; der ganze Ofen muß 3mal jährlich ganz neu gebaut werden, mit Ausnahme des Herdgewölbes, welches man nur am obern Theile reparirt, und nur eine etwa 0,10 Meter dicke Sandschicht hinzufügt. Feuerungsraum und Brücke dauern eben so lange wie das Gewölbe und die Wände; der Fuchs, welcher die Flamme zu der Esse führt, ist nach 6 Wochen vollständig zerstört; allein da diese Reparatur sehr leicht des Sonntags ausgeführt werden kann, so hat sie auf die Benutzung des Ofens keinen weitern Einfluß. Die Benutzung der Zeit für jeden Ofen ist die nachstehende:

Wirkliche Betriebstage		234
Feiertage:		
Sonn- und Festtage	45	131
Reparaturen und Anfeuern	81	
Reserve (mit Feuer auf dem Rost) . . .	5	
Wirkliches Kaltlager	0	
Summa:		365

Die Kosten des Gaarmachens sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

X. Kosten des Gaarmachens für 1 Tonne Rohkupfer.

Arbeitslöhne und Materialien.	Schichten.	Tagelöhne.	Ganze Ausgabe.
Arbeitslöhne.		Schill.	Schill.
Gaarmacher. — Transport und Gaarmachen . . .	0,141	5,00	0,705
Gehülfen für die Tagesschichten. — Desgl. . . .	0,141	2,00	0,282
Gehülfen für die Nachtschichten. — Gaarmachen.	0,063	3,67	0,231
Gehülfen beim Einladen (Erzröster)	0,306	2,17	0,664
Desgl. (Steinröster)	0,207	2,33	0,482
Knaben. — Transport der Brennmaterialien und des Klinkers	0,141	0,85	0,120
	0,999	2,49	2,484
Materialien.	Tonnen.	Preis für die Tonne.	
Brennmaterial für die Normalarbeit	0,346		
Brennmaterial für die Nebenarbeiten	0,081		
	0,427	4,96	2,114
Ausgewählter Anthracit, zur Beendigung des Gaarmachens	0,060	12,00	0,720
Holz für das Aufkochen	0,023	30,00	0,690
Sand für die Herdsohle, und mit d. Kupfer eingeladen	0,060	2,75	0,156
Feuerfeste Ziegelsteine	0,009	26,00	0,234
Thon	0,012	8,00	0,096
Unterhalt des Inventars	—	—	0,177
Summa:	. . . .	. . . .	6,680

Classification des verkäuflichen Kupfers. — Es existirt in der Güte des Waleser Kupfers ein sehr bedeutender Unterschied, der sowohl von der Beschaffenheit des Erzes, als auch von der metallurgischen Behandlung abhängt. Unter den Abänderungen, welche der Handel unterscheidet, erwähne ich hier 6 Sorten, so wie ihre mittlern Preise während des Jahres 1848.

1te Sorte. — Best selected copper, aus dem Concentrationsstein (der Schlacken)	98,0	Pf. St.
2te Sorte. — Best selected copper, aus dem Concentrationsstein (Extra process.)	97,5	„
3te Sorte. — Tough copper (zur Ausfuhr). Kupfer von der gewöhnlichen Arbeit, im Gemisch mit $\frac{1}{3}$ des best selected, (2te Sorte.)	96,0	„
4te Sorte. — Tough copper, Kupfer von der gewöhnlichen Zugutemachung gewöhnlicher Erze	95,2	„
5te Sorte. — Tile copper. Kupfer von der gewöhnlichen Arbeit, aus Erzen, die schädliche Beimengungen enthalten	94,0	„
6te Sorte. — Tile copper. Kupfer aus den kupferhaltigen Böden (VI und VIII)	93,5	„

Die beiden ersten Sorten sind Kupfer im Zustande der fast absoluten Reinheit; sie enthalten nur Spuren von Substanzen, welche die guten Eigenschaften der letzten Sorten durchaus verändern. Diese dagegen enthalten bis 0,008 Arsenik, Nickel und Zinn, indem diese 3 Körper mehr als alle übrigen

Substanzen, die mit dem Kupfer vorkommen, bei den verschiedenen Prozessen der Abscheidung widerstehen, und gewöhnlich nur mit Spuren von Eisen und Schwefel verbunden sind.

Kennzeichen und Zusammensetzung der Gaarschlacke. — Die Schlacke von dem Kupfergaarmachen wird in dem Ofen nicht vollständig flüssig. Aus demselben herausgenommen, erscheint sie sehr porös und mit einer dunkelrothen Farbe. Sie ist nicht ganz gleichartig, sondern man bemerkt hin und wieder darin Bruchstücke von thonigen Substanzen, die sich von den Ofenwänden ab- und nur theilweise in der Schlacke aufgelöst haben. Die ersten Schlacken, welche man abhebt, enthalten kein metallisches Kupfer, die letzten aber sind mit vielen Granalien davon vermengt. Ich ließ 10 Kilogrammen vermengter Schlacken verschiedener Art pochen und erhielt daraus einen annähernden Kupfergehalt von 0,09. Die Analyse einer Schlacke ohne Kupfergehalt, mit dem obigen Resultat verbunden, giebt für dieselbe folgende mittlere Zusammensetzung:

Kieselerde	0,474
Kupferoxydul	0,362
Eisenoxydul	0,031
Nickel-, Mangan-Oxyd	0,004
Zinnoxydul	0,002
Thonerde	0,020
Kalkerde	0,010
Talkerde	0,002
Kupfer in Körnern	0,090
Summa:	0,995

Dieses Silicat, welches der Formel $B^1 Si^4$ entspricht, ist, wie man sieht, reicher an Kieselerde, als alle übrigen Schlacken des Waleser Hüttenbetriebes; es besteht im Wesentlichen aus einem Kupferoxydul-Silicat. Man begreift demnach, wenn man sich auf die Reactionen, die bei dem Schmelzen IV stattfinden, warum die Gaarschlacke eine so nützliche Rolle bei diesem letztern Prozeß spielt.

XIII. — Berechnung der für die Waleser Methode eigenthümlichen metallurgischen Reactionen.

Schwierigkeiten, welche mit der Bestimmung der Fundamental-Reactionen jeder metallurgischen Methode verknüpft sind. — Ich mußte, zur Erlangung der in den vorhergehenden Abschnitten erwähnten verschiedenen Resultate und besonders zur Bestimmung der genauen, einander entsprechenden Zahlenwerthe, welche im Verlaufe dieses Werkes angegeben sind, zunächst alle Verhältnisse, welche der Waleser Methode eigenthümlich zu sein scheinen, in einer Art Muster-Hüttenwerk (usine-type) vereinigt annehmen, welchen ich die in diesem Werke gegebenen Beschreibungen und Erläuterungen zur Basis geben konnte. Dennoch würden diese Beschreibungen sehr unbestimmt geblieben sein, wenn ich mich auf die Darstellung der Resultate meiner Beobachtungen über jede der für die Muster-Methode (methode-type) wesentlichen Operationen beschränkt, wenn ich nicht auch den Zusammenhang zwischen den er-

läuterten zehn verschiedenen Hüttenprozessen untersucht und neben andern Dingen, die Beziehungen, welche die Zusammensetzung der Erze, der übrigen Materialien und der nach und nach erhaltenen (gefallenen) Zwischenproducte nothwendiger Weise mit den der Hauptproducte der Arbeit verknüpfen, einer nähern Untersuchung unterworfen hatte.

Diese Schwierigkeit findet übrigens gleichfalls bei den einfachsten Zweigen der Metallurgie statt, wo weniger verschiedenartige und constanter zusammengesetzte Erze verhüttet werden. Wenn man in der That über die Resultate discutirt, welche isolirt für zwei auf einander folgende Operationen eines und desselben Hüttenwerkes beobachtet sind, so findet man gewöhnlich, daß zwischen ihnen die Beziehungen, welche den Gesetzen der Physik und der Chemie zufolge vorhanden sein mußten, keineswegs stattfinden, daß sie sogar nicht selten geradezu in Widerspruch stehen. Diese Anomalien bilden das größte Hinderniß für die Fortschritte der theoretischen (wissenschaftlichen) Metallurgie. Wenn nun diese Schwierigkeit, dies Hinderniß zu einer Zeit, wo andere Beobachtungs-Wissenschaften einen so hohen Grad von Vollkommenheit erreicht haben, nicht besiegt worden ist: so liegt der Grund darin, daß hier Anstrengungen besonderer Art und gewissermaßen eine ganz spezielle Methode erforderlich ist, um die permanenten, regelmäßigen, normalen Phänomene, welche der vereinigte Einfluß der physischen Agentien und der menschlichen Arbeit hervorbringen muß inmitten der so zu sagen unbegränzten Unregelmäßigkeiten, welche das Eingreifen des Menschen und die so eminent variable Beschaffenheit der mineralischen Stoffe implicíren, gehörig hervorzuheben und ins richtige Licht zu stellen. Es ist aber wesentlich, andererseits zu bemerken, daß zu diesen in der Natur der Sache liegenden Hindernissen leider nur zu häufig die Schwierigkeit hinzukommt, Zutritt zu den Hütten zu erlangen und die Thatsachen völlig frei zu beobachten.

In meiner Stellung als Lehrer der Metallurgie für Leute, welche durch das Studium der exacten Wissenschaften gebildet sind, zögerte ich nicht, die Hindernisse anzuführen, welche eine solche Sachlage der Schöpfung eines philosophischen Unterrichtes entgegenstellt. Ich habe später erkannt, daß dieser Mangel an Uebereinstimmung in den rohen Resultaten der Beobachtung nicht erlauben würde, für die Metallurgie, als Wissenschaft betrachtet, ein der Wichtigkeit, welche dieselbe als Zweig der Technik in dem Haushalte der menschlichen Gesellschaft, angemessenes Interesse zu erhalten; daß man, um Metallurgie lehren zu können, vor allen Dingen und zunächst in den hauptsächlichsten Gruppen von Hüttenwerken die Arbeiten beobachten müsse, welche den eigentlichen Gegenstand dieser Wissenschaft ausmachen; daß man dann zweitens über die beobachteten Erscheinungen discutiren, ihre gegenseitigen Beziehungen zu einander auffsuchen, sie auf irgend eine Weise nach ihrer Wichtigkeit classificiren müsse, um die fundamentalen Facta der durch eine Menge von Umständen, von denen man sich keine Rechnung ablegen könnte, ohne in Verwirrung zu gerathen, in alle Arbeiten eingeführten Complication und Unregelmäßigkeit aufzudecken und zu entwickeln.

Allgemeine Grundsätze, nach welchen die metallurgischen Reactionen bestimmt worden sind. — Es ist hier nicht der geeignete Ort, auf die Grundsätze näher einzugehen, bei deren Befolgung allein die Metallurgie zu jener Stufe der Vervollkommnung gebracht werden kann, welche mehrere andere mit ihr in mehrfacher Berührung stehende Beobachtungs-Wissenschaften bereits erreicht haben. Ich will mich hier nur darauf beschränken, summarisch den von mir beobachteten Plan

näher aus einander zu setzen, nach welchem ich alle wesentlichen Einzelnheiten der Waleser Methode geordnet und in ein vollständiges Cadre vereinigt habe. Die relativen Mengen und die chemische Zusammensetzung der Materialien und der Producte der in Wales vorkommenden zehn Schmelzprozesse, und besonders mich in den Stand zu setzen, die in Abschn. II. gegebenen Resultate rücksichtlich der Beschaffenheit und der sieben Classen der in Wales verhüttet werdenden Erze zu erhalten. Die nachfolgenden Tabellen, in welchen alle für jede der gedachten zehn metallurgischen Operationen charakteristische Reactionen bis in ihre geringsten Einzelnheiten berechnet sind, geben zugleich in vielfacher Hinsicht eine vollständige Exposition der Berechnungsmethode, deren Anwendung für die Beschreibung aller metallurgischen Prozesse ich hiermit angelegentlichst empfehle.

Die Untersuchungsmethode, welche ich beständig angewendet habe, ist auf den offenbaren Satz gegründet, daß alle als Reagentien oder als Materialien bei einem metallurgischen Prozesse angewendeten Stoffe sich in den Producten desselben wiederfinden müssen. Ich habe daher eine Operation nur dann als hinlänglich untersucht, als genügend bekannt betrachtet, wenn es mir möglich war, ein genaues Gleichgewicht nicht nur zwischen diesen Materialien oder Rohstoffen und diesen Producten, sondern auch zwischen ihren Bestandtheilen, ihrer chemischen Zusammensetzung, nachzuweisen.

Als jede dieser zehn zusammen gehörigen, ein Ganzes bildenden Operationen auf diese Weise einzeln für den besondern Fall, den ich zu beobachten Gelegenheit hatte, und für welchen zahlreiche Sammlungen von Materialien und Producten unablässig gesammelt worden waren, vollständig untersucht war, habe ich durch eine Art Interpolation (Einschaltung) die Beziehungen festgestellt, welche nothwendiger Weise zwischen eben diesen Operationen, in ihrer Gesammtheit betrachtet, existiren müssen.

Diese Art von Untersuchungen sind nicht so complicirt, als das Obige es vermuthen lassen könnte für eine Methode, welche zehn verschiedene, sehr complicirte und aufs Innigste mit einander verbundene Operationen in sich begreift. Viele Umstände besonderer Art geben die Mittel zur Vereinfachung der Rechnungen an die Hand, welche, man muß es gestehen, stets sehr lang sind, wenn man eine große Genauigkeit erreichen will.

Specielle Mittel der Bestimmung und Berechnung, welche aus besondern Verhältnissen und Eigenthümlichkeiten der Waleser Methode sich ergeben. — So habe ich z. B. bei meinen Untersuchungen über den Waleser Kupferhütten-Prozeß eine große Hülfe aus dem Umstande gezogen, daß nur drei fixe, beständige, definitive Producte aus den Hütten hervorgehen, nämlich: das Kaufblei (mit ein wenig Zinnlegierung) und zwei werthlose, nicht weiter benutzbare Schlacken, deren eine vom Schmelzprozesse II, deren andere vom Prozesse VI herstammt. Wenn man nun die Gewichtsmengen und die durchschnittliche Zusammensetzung der während eines Jahres über die Halde gestürzten unbrauchbaren Schlacken (verg. Abschn. XVI., Art. 10) kennt, — eine Kenntniß, die man leicht erlangen kann —, wenn man außerdem noch die Gewichtsmenge und die Zusammensetzung der bei dem Prozesse im Laufe eines Jahres verbrauchten Flußmittel und Zuschläge bestimmt, was bei homogenen, regelmäßigen Substanzen mit geringen Schwierigkeiten verknüpft ist; so kann man aus diesen beiden Anhaltepuncten eine große Anzahl genauer Resultate über die Natur der Erze ableiten. So z. B. ist es klar, daß, wenn man die Gesammtmenge der in Form von Schlacken über die Halde gestürzten

und die der als Zuschlag beim Hüttenprozesse verbrauchten Thonerde kennt, man aus der Differenz die Gesammtmenge der im Verlaufe eines ganzen Jahres verschmolzenen Erze enthaltenen Thonerde leicht berechnen kann. Dies letztere Resultat dagegen läßt sich mit einiger Genauigkeit aus der directen Analyse mehrerer Tausend einzelner Erzposten, deren Zusammensetzung in's Unendliche verschieden ist, und die zuweilen nur einen Augenblick in den Magazinen der Hütten liegen, nicht ableiten. Ein reisender Metallurg würde nie im Stande sein, die für eine solche Arbeit nöthigen Elemente zu vereinigen; nur die Besitzer von Hüttenwerken würden derartige Untersuchungen machen können, und diese würden wiederum lange Zeit hindurch den praktischen Nutzen derselben nicht zu würdigen wissen. Die in jeder der sieben Classen dieser Erze enthaltene Thonerde-Menge kann gleichfalls abgeleitet werden durch Differenz, durch die Untersuchung der Schlacken und der Zuschläge des besondern Prozesses, bei welchem die Erze dieser Klasse verschmolzen werden. Die auf diese Weise für die Erze und die Schmelzprozesse, deren Schlacken unmittelbar während der Arbeit selbst durchgesetzt werden, erhaltenen einzelnen (partiellen) Resultate entsprechen dem wahren Sachverhältnisse nur in der Periode der Arbeit, während welcher diese Schlacken beobachtet sind; aber man modificirt sie dann durch Interpolation oder Einschaltung, wofern ihre Summe dem für die Gesammtheit der Erze aus der Untersuchung der definitiv werthlosen, über die Halde gestürzten Schlacken abgeleiteten Resultate gleich ist.

Nothwendigkeit, öfters indirecte Mittel zur Beobachtung und Berechnung anwenden zu müssen. — Meiner Ansicht nach ist das beste Mittel, die Gelehrten zur größten Genauigkeit bei metallurgischen Untersuchungen, welche bis heutzutage fehlt, zu veranlassen, für einen besondern Fall das Programm, welches ich ihrer Sorgfalt empfehle, vollständig zu lösen. Ebenso hielt ich es für nothwendig, in einer Abhandlung über einen bestimmten Industriezweig die specielle, mit ihm in Beziehung stehende Lösung mehr hervorzuheben, als die allgemeine, auf alle Fälle desselben anwendbare Methode. Uebrigens müssen wir hervorheben, daß die allgemeinsten und directesten Methoden nicht immer von den mit dem Studium der theoretischen Metallurgie beschäftigten Gelehrten werden angewendet werden können. Diese disponiren nicht über Thatsachen, wie die meisten Beobachter, welche sich mit dem Studium der natürlichen Erscheinungen befassen; meist können sie in den Hütten einem im Voraus bestimmten Plane der Beobachtung nicht folgen. Nur zu oft müssen sie sich darauf beschränken, eine begrenzte Zahl von Thatsachen zu constatiren, und sich hüten, darüber hinauszugehen; sie müssen außerdem viele ihnen erst durch Mittheilung bekannt gewordene Resultate zu Hülfe nehmen, welche selbst zu constatiren sie in keinem Falle im Stande sind, und welche, aus mehrfachen Gründen, weit entfernt sind, die Garantieen der Genauigkeit zu bieten, welche die in einer wissenschaftlichen Absicht beobachteten Thatsachen zu geben im Stande sind.

Die in jedem Falle anzuwendenden Berechnungsmethoden hängen gänzlich von der Natur der Data ab, die zu Gebote stehen, und dem Grade des Vertrauens, welches man jedem derselben schenken darf. Diese Methoden sind so unregelmäßig und lassen so unvermuthete Hülfsmittel zu wie die, welche die Mathematiker zur Integration der verschiedenen Functionen anwenden: sie ziehen ein großes Hülfsmittel aus den graphischen Darstellungen und aus den successiven Näherungen, mittelst deren man ein durchschnittliches Resultat aus mehreren nicht mit einander übereinstimmenden Resultaten zieht. Endlich

bestätigen sich die auf diese Weise aus bald strengen, bald ungenügenden oder zweifelhaften Daten abgeleiteten Resultate stets durch die Bedingung, den Gesetzen der chemischen Zusammensetzung der Körper und der Bedingung der Gleichheit, welche stets im Gewichte der Materialien und der Producte einer jeden metallurgischen Operation stattfinden muß, conform sein zu müssen.

Die Waleser Kupferhütten bilden sicherlich eine jener metallurgischen Gruppen, wo diese Art Untersuchungen die meisten Schwierigkeiten fand; es wird demnach genügen, mit Aufmerksamkeit die am Schlusse dieses Abschnittes befindlichen Tabellen durchzugehen, um genügend mit den Methoden der Berechnung, Annäherung, Interpolation vertrauet zu werden, die man zu Hülfe nehmen muß, in allen Fällen, welche möglicherweise vorkommen können.

Grad der Annäherung, welcher in den folgenden zehn Tabellen über die metallurgischen Prozesse erreicht worden ist. — Ich will noch einige Bemerkungen über den Grad der Annäherung in den Berechnungen machen, deren Resümé in den folgenden zehn, den zehn Operationen der Waleser Methode entsprechenden Tabellen gegeben ist.

Die chemischen Analysen, welche bei den meisten dieser Berechnungen den Ausgangspunct bilden, geben, bis auf einige Tausendstel, die Zusammensetzung der wirklich analysirten Materialien und Producte an; um aber den Calcül nicht übermäßig zu compliciren, mußte öfters ganz von solchen Substanzen abstrahirt werden, welche in der Menge von nur einigen Tausendsteln in den Stoffen enthalten sind, und die Zusammensetzung wurde nur bis auf ein halbes Hunderttheil genau bestimmt. Alle im Nachfolgenden gegebenen Berechnungen gelten nur für das Quantum von Materialien und Producten, welche der Arbeit einer Woche entsprechen. Bei den Berechnungen wurden nur Zehntheile von Tonnen in Anschlag gebracht; es geht daraus hervor, daß die Stoffe, deren Zusammensetzung auf die exacteste Weise ausgedrückt ist, diejenigen sind, von denen ungefähr 20 Tonnen wöchentlich verbraucht werden. Die Zusammensetzung der Substanzen, welche in weit geringerer Menge verbraucht werden, ist mit einer weit weniger sorgfältigen Genauigkeit angegeben, wie den Analysen entspricht. Das Gegentheil ist bei den in weit größerer Quantität angewendeten oder erzeugten Stoffen der Fall; bei diesen ist die letzte nur aus dem Grunde beibehalten worden, um in jeder Tabelle eine genaue Coincidenz zwischen allen Zahlen zu erhalten.

Auf diese Weise kam man dazu, in den bei mehreren Operationen stattfindenden Reactionen von gewissen Stoffen ganz zu abstrahiren, deren Gegenwart vom technischen Gesichtspuncte aus freilich sehr wichtig ist, welche aber in zu geringer Menge auftreten, um in Zahlen in dem angegebenen Grade der Annäherung bestimmt werden zu können. Dahin gehören z. B. das Arsen in den Erzen der ersten Classe; fremde Metalle, Zinn, Nickel, Kobalt u. s. w., die in den mehr oder weniger affinirten Steinen enthalten sind, u. s. f. Um dem Vorhandensein dieser Substanzen in den Materialien und den Producten der verschiedenen Operationen immer Rechenschaft zu geben, hätte man alle Zahlen der zehn Tabellen mit zwei Decimalen berechnen müssen, was mit fast unübersteiglichen Hindernissen verbunden, und jedenfalls außer allem Verhältniß zu dem aus den Resultaten möglicherweise zu ziehenden Nutzen gewesen sein würde. In der vorliegenden Form genügen diese Tafeln völlig, um die relative Menge aller der Substanzen anzugeben, welche wesentlichen Antheil an den Reactionen des Waleser Kupferhüttenprozesses haben, und folglich um die Beschreibung der dabei stattfindenden Erscheinungen auf solide Basen zu stellen;

sie würden nur in sehr mittelmäßigem Grade verbessert werden, wenn in ihnen auch die zufällig vorhandenen Stoffe angegeben würden, von denen die schwächsten Spuren genügen, um den Kaufwerth der Producte zu modificiren. Uebrigens läßt sich der Einfluß dieser Stoffe nach den in den Abschn. III bis XII gegebenen Details leicht und vollständig ermessen.

XIV. Anhang.

Analytische Tabellen
über die metallurgischen Reactionen
der 10 Prozesse
bei der Waleser Methode.

I. Erz-

Bezeichnung der Materialien und Producte	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Erz zum Rösten (1ste Classe)	720,1	294,4	—	11,7	1,2	3,1	—
Atmosphärischer Sauerstoff	135,0	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien.	855,1	294,4	—	11,7	1,2	3,1	—
Geröstetes Erz für II . .	668,4	294,4	—	11,7	1,2	3,1	—
Schweflichte Säure	182,5	—	—	—	—	—	—
Wasser und Kohlensäure . .	4,2	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	855,1	294,4	—	11,7	1,2	3,2	—
Zu röstendes Erz (2te Classe)	21,5	5,4	—	0,2	0,1	—	—
Atmosphärischer Sauerstoff .	4,1	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien	25,6	5,4	—	0,2	0,1	—	—
Geröstetes Erz für V . . .	20,0	5,4	—	0,2	0,1	—	—
Schweflichte Säure	5,4	—	—	—	—	—	—
Wasser und Kohlensäure . .	0,2	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	25,6	5,4	—	0,2	0,1	—	—

II. Das Schmelzen auf

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Geröstetes Erz (1ste Classe) .	668,4	294,4	—	11,7	1,2	3,1	—
Ungeröstetes Erz (2te Classe)	77,6	21,8	—	1,0	0,2	0,2	—
	746,0	316,2	—	12,7	1,4	3,3	—
Arme Schlacke für IV . .	79,1	26,6	44,4	1,3	1,1	0,2	1,7
Desgl. für V	47,0	14,4	28,4	0,4	0,6	0,1	0,9
Desgl. für VII	7,0	2,6	3,7	0,1	0,2	—	0,2
Flußspath-Zuschlag	38,0	9,4	—	2,6	0,5	—	—
Erdige Materialien: Herd .	1,3	1,2	—	—	0,1	—	—
Desgl. Ziegelsteine	5,3	4,2	—	1,1	—	—	—
Summa der Materialien	923,7	374,6	76,5	18,2	3,9	3,6	2,8
Bronzefarbener Stein f. III	253,7	1,9	0,9	—	—	—	—
Wegzustürzende Schlacke . .	600,1	362,6	171,5	17,4	12,0	3,6	8,4
Ofenbruchstücke für IV . .	8,7	5,8	0,5	0,8	0,1	—	—
Schweflichte Säure	50,6	—	—	—	—	—	—
Verflüchtigter Schwefel . .	1,4	—	—	—	—	—	—
Fluor-Silicum	7,5	—	—	—	—	—	—
Wasser und Kohlensäure . .	1,7	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	923,7	370,3	172,9	18,2	12,1	3,6	8,4
Zur Ausgleichung	0,0	+4,3	-96,4	—	—8,2	—	—5,6
Summa gleich	923,7	374,6	76,5	18,2	3,9	3,	2,8

röstung.

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff					Wasser und Kohlensäure.	Bemerkungen.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff		
70,5	148,2	7,6	176,4	2,8	4,2	Die beiden Sorten von Erz, welche geröstet werden müssen, werden auf gleiche Weise, aber in verschiedenen Oefen behandelt. Man läßt hier von den Reagentien der Röstung den Stickstoff unberücksichtigt, der mit dem atmosphärischen Sauerstoff vermischt ist und auf das Erz einwirkt.
—	—	—	—	135,0	—	
70,5	148,2	7,6	176,4	137,8	4,2	
70,5	148,2	7,6	84,9	46,8	—	
—	—	—	91,5	91,0	—	
—	—	—	—	—	4,2	
70,5	148,2	7,6	176,4	137,8	4,2	
4,9	4,7	—	5,9	0,1	0,2	
—	—	—	—	4,1	—	
4,9	4,7	—	5,9	4,2	0,2	
4,9	4,7	—	3,2	1,5	—	
—	—	—	2,7	2,7	—	
—	—	—	—	—	0,2	
4,9	4,7	—	5,9	4,2	0,2	

bronzefarbenen Stein.

Metallische Sulfurete und Oxyde					Wasser und Kohlensäure.	Fluorüre.		
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff		Fluor.	Silicium.	Calcium.
70,5	148,2	7,6	84,9	46,8	—	—	—	—
14,1	17,9	0,7	19,6	1,6	0,5	—	—	—
84,6	166,1	8,3	104,5	48,4	0,5	—	—	—
2,9	0,2	—	0,6	0,1	—	—	—	—
1,3	0,4	—	0,5	—	—	—	—	—
0,2	0,0	—	0,0	—	—	—	—	—
—	0,3	—	—	0,1	1,2	11,4	—	12,5
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
89,0	167,0	8,3	105,6	48,6	1,7	11,4	—	12,5
85,5	86,8	3,8	74,8	—	—	—	—	—
3,0	5,4	—	3,6	—	—	6,0	—	6,6
0,5	0,6	—	0,4	—	—	—	—	—
—	—	—	25,4	25,2	—	—	—	—
—	—	—	1,4	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	5,4	2,1	—
—	—	—	—	—	1,7	—	—	—
89,0	92,8	3,8	105,6	25,2	1,7	11,4	2,1	6,6
—	+74,2	+ 4,5	—	+23,4	—	—	−2,1	+ 5,9
89,0	167,0	8,3	105,6	48,6	1,6	11,4	—	12,5

III. Röstung des

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Zu röstender Bronze-Stein	253,7	1,9	0,9	—	—	—	—
Atmosphärischer Sauerstoff .	61,8	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien	315,5	1,9	0,9	—	—	—	—
Gerösteter Stein für IV . .	169,1	1,3	0,6	—	—	—	—
Desgl. für V	78,0	0,6	0,3	—	—	—	—
	247,1	1,9	0,9	—	—	—	—
Schweflichte Säure	68,4	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	315,5	1,9	0,9	—	—	—	—
Zur Ausgleichung	0,0	—	—	—	—	—	—
Summa gleich	315,5	1,9	0,9	—	—	—	—

IV. Schmelzen auf gewöhnlichen

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Gerösteter Stein von III .	169,1	1,3	0,6	—	—	—	—
Ungeröstete Erze (4te Classe)	73,5	23,0	—	—	1,1	0,4	—
Kupferhalt. Producte (7. C.)	2,0	0,3	—	—	—	—	—
Röstschlacke von IX	18,3	4,8	9,0	0,3	0,2	—	—
Gaarschlacke von X	7,3	2,0	1,6	0,2	0,1	—	0,1
Ofenbruch v. II u. v. IV b. X.	18,0	12,4	0,6	2,0	0,2	—	—
Erdige Materialien: Herd .	12,6	11,3	0,2	0,2	0,8	0,1	—
Desgl. Ziegelsteine	1,9	1,5	—	0,4	—	—	—
Summa der Materialien	302,7	56,6	12,0	3,1	2,4	0,5	0,1
Weißer Stein für IX . . .	121,7	—	—	—	—	—	—
Arme Schlacke für II . . .	79,1	26,6	44,4	1,3	1,1	0,2	1,7
Reiche Schlacke für IV . .	85,0	28,0	46,7	1,4	1,2	0,3	1,7
Ofenbruch für IV	2,8	2,0	0,1	0,4	0,1	—	—
Schweflichte Säure.	13,0	—	—	—	—	—	—
Wasser und Kohlensäure . .	1,1	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	302,7	56,6	91,2	3,1	2,4	0,5	3,4
Zur Ausgleichung	0,0	—	-79,2	—	—	—	—3,3
Summa gleich	302,7	56,6	12,0	3,1	2,4	0,5	0,1

bronzefarbenen Steins.

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff.					Wasser und Kohlensäure.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle	Schwefel.	Sauerstoff	
85,5	86,8	3,8	75,8	—	—
—	—	—	—	61,8	—
85,5	86,8	3,8	74,8	61,8	—
58,5	59,5	2,5	27,7	19,0	—
27,0	27,3	1,3	12,8	8,7	—
85,5	86,8	3,8	40,5	27,7	—
—	—	—	34,3	34,1	—
85,5	86,8	3,8	74,8	61,8	—
—	—	—	—	—	—
85,5	86,8	3,8	74,8	61,8	—

Bemerkungen.

Zur Vereinfachung der Berechnungen hat man angenommen, daß der zu den Prozessen IV und V bestimmte Stein gleiche chemische Zusetzung habe. In der Wirklichkeit ist letzterer reiner, und hat z. B. außer dem Eisen und Kupfer weniger verschiedene Metalle beigemengt.

Bei der Röstung I und III, mit der schwefligen Säure entweicht eine bedeutende Menge Schwefelsäure, die ich jedoch nicht bestimmt habe. Die Menge des verbrauchten atmosphärischen Sauerstoffs ist daher größer, als in den Tabellen I und III angegeben wurde.

weißen Stein.

Metallische Sulfurete und Oxyde.					Wasser und Kohlensäure.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff	
58,5	59,5	2,5	27,7	19,0	—
28,3	8,8	0,1	4,5	6,2	1,1
1,5	—	—	—	0,2	—
3,6	—	—	—	0,4	—
3,0	—	—	—	0,3	—
1,8	0,6	—	0,4	—	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
96,7	68,9	2,6	32,6	26,1	1,1
89,1	7,7	—	24,9	—	—
2,9	0,2	—	0,6	0,1	—
4,5	0,3	—	0,6	0,3	—
0,2	—	—	—	—	—
—	—	—	6,5	6,5	—
—	—	—	—	—	1,1
96,7	8,2	—	32,6	6,9	1,1
—	+60,7	+2,6	—	+19,2	—
96,7	68,9	2,6	32,6	26,1	1,1

Bemerkungen.

Die Ausgleichungen, von denen schon in der Tabelle II die Rede gewesen ist, und von denen auch in allen folgenden Tabellen die Rede sein wird, hat folgenden Zweck: Einestheils die Angabe der Veränderungen, welche bei den Schmelzungen, in den hauptsächlichsten Verbindungsgruppen entstehen; anderntheils, um zu beweisen, daß eine genaue Ausgleichung zwischen den Materialien und den Producten stattfindet. Die Summe der Materialien, diesen Ausgleichungen zugesetzt, ist sowohl im Ganzen, als auch in den einzelnen Sätzen gleich der Summe der davon abgegangenen Materialien. Diese Ausgleichungen beziehen sich stets auf diejenigen Substanzen, welche mittelst der Schmelzung, aus den Gruppen der Sulfurete, Oxyde und Fluorüre in die Gruppe der Silicate übergehen.

V. Schmelzen auf

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde
Gerösteter Stein von III .	78,0	0,6	0,3	—	—	—	—
Geröstetes Erz (2te Classe)	20,0	5,4	—	0,2	0,1	—	—
Erdige Materialien: Herd .	9,1	8,2	0,1	0,2	0,5	0,1	—
Desgl. Ziegelsteine	0,9	0,8	—	0,1	—	—	—
Summa der Materialien	108,0	15,0	0,4	0,5	0,6	0,1	—
Blauer Stein für VII . .	53,5	—	—	—	—	—	—
Schlacke für II	47,0	14,4	28,4	0,4	0,6	0,1	0,9
Ofenbruch für IV	0,8	0,6	—	0,1	—	—	—
Schweflichte Säure	6,0	—	—	—	—	—	—
Entwichener Sauerstoff . .	0,7	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	108,0	15,0	28,4	0,5	0,6	0,1	0,9
Zur Ausgleichung	0,0	—	- 28,0	—	—	—	— 0,9
Summa gleich	108,0	15,0	0,4	0,5	0,6	0,1	—

VI. Verschmelzen der

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate					
		Kieselerde.	Eisenoxydul	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Reiche Schlacke von IV . .	85,0	28,0	46,7	1,4	1,2	0,3	1,7
Desgl. von VII	12,0	4,0	6,1	0,1	0,2	0,0	0,4
Schlacken von VIII	6,7	2,3	3,4	0,1	0,1	—	—
Ungeröstetes Erz (5. Classe)	10,0	4,3	—	—	0,1	—	—
Gekrätz von VIII, IX u. X.	7,0	3,0	2,3	0,2	0,7	0,1	—
Kohle	0,1	—	—	—	—	—	—
Erdige Materialien: Herd .	4,6	4,0	0,1	0,1	0,4	0,0	—
Desgl. Ziegelsteine	1,2	1,0	—	0,2	—	—	—
Summa der Materialien	126,6	46,6	58,6	2,1	2,7	0,4	2,1
Weißer Stein für VIII . .	7,1	—	—	—	—	—	—
Rother Stein für VIII . .	1,9	—	—	—	—	—	—
Böden für IX	1,0	—	—	—	—	—	—
Zinnlegierung	0,6	—	—	—	—	—	—
Wegzustürzende Schlacke . .	114,4	46,0	60,2	2,0	2,7	0,4	1,8
Ofenbruch für IV	0,7	0,6	—	0,1	—	—	—
Kohlensäure	0,4	—	—	—	—	—	—
Verflüchtigter Schwefel . .	0,4	—	—	—	—	—	—
Wassergehalt des Erzes . .	0,1	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	126,6	46,6	60,2	2,1	2,7	0,4	1,8
Zur Ausgleichung	—	—	—1,6	—	—	—	+ 0,3
Summa gleich	126,6	46,6	58,6	2,1	2,7	0,4	2,1

blauen Stein.

Metallische Sulfurete und Oxyde.					Wasser und Kohlensäure.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff	
27,0	27,3	1,3	12,8	8,7	—
4,9	4,7	—	3,2	1,5	—
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
31,9	32,0	1,3	16,0	10,2	—
30,5	10,0	0,5	12,5	—	—
1,3	0,4	—	0,5	—	—
0,1	—	—	—	—	—
—	—	—	3,0	3,0	—
—	—	—	—	0,7	—
31,9	10,4	0,5	16,0	3,7	—
—	+21,6	+ 0,8	—	+ 6,5	—
31,9	32,0	1,3	16,0	10,2	—

Bemerkungen.

Alle Beobachtungen und alle Berechnungen, die sich auf diese Schmelzung beziehen, stimmen darin überein, daß bei den verwandeten Materialien ein Ueberschuß von Sauerstoff stattfinde, welcher nur im gasigen Zustande entweichen kann. Man könnte diese Entwickelung durch die gegenseitige Reaction der beiden Substanzen, der Kieselerde und des Eisenoxydes erklären, welche in der Beschickung vorherrschen. Bei der Beschickung der Kieselerde mit dem Eisenoxydul würde unmittelbar $\frac{1}{3}$ von dem im Eisenoxyde vorhandenen Sauerstoff vertrieben werden; jedoch ist es wahrscheinlicher, daß dieser Sauerstoffüberschuß sich als Schwefelsäure entwickelt.

reichen Schlacken.

Metallische Sulfurete und Oxyde.					Wasser und Kohlensäure.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle	Schwefel.	Sauerstoff	
4,5	0,3	—	0,6	0,3	—
1,0	—	--	0,1	0,1	—
0,7	—	—	—	0,1	—
1,2	2,1	—	2,1	0,1	0,1
0,7	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	0,1
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—
8,1	2,4	—	2,8	0,6	0,2
5,2	0,4	—	1,5	—	—
1,2	0,3	—	0,4	—	—
0,9	—	—	0,1	—	—
0,4	0,0	0,2	—	—	—
0,4	0,5	—	0,4	—	—
0,0	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,3	0,1
—	—	—	0,4	—	—
—	—	—	—	—	0,1
8,1	1,2	0,2	2,8	0,3	0,2
—	+ 1,2	— 0,2	—	+ 0,3	—
8,1	2,4	—	2,8	0,6	—

Bemerkungen.

Außer den hier erwähnten Materialien, setzt man in den Schlacken-Oefen staubförmigen Anthracit zu, der sich fast gänzlich in Gas auflöst, indem er auf der Oberfläche der Schmelzschicht verbrennt. Unter der Bezeichnung „Kohle“, wird hier nur derjenige Theil des Anthracites verstanden, welcher wirklich als Reductionsmittel wirkt.

VII. Röstung des

Bezeichnung der Materialien und Producte	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Blauer Stein V	53,5	—	—	—	—	—	—
Erdige Materialien: Herd	7,3	6,6	0,1	0,2	0,4	0,0	—
Desgl. Ziegelsteine und Thon	0,4	0,3	—	0,1	—	—	—
Atmosphärischer Sauerstoff	6,6	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien.	67,8	6,9	0,1	0,3	0,4	0,0	—
Weißer Stein für VIII	39,9	—	—	—	—	—	—
Arme Schlacke für II	7,0	2,6	3,7	0,1	0,2	—	0,2
Reiche Schlacke für VI	12,0	4,0	6,1	0,1	0,2	0,0	0,4
Ofenbruch für IV	0,5	0,3	—	0,1	—	—	—
Schweflichte Säure	8,4	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	67,8	6,9	9,8	0,3	0,4	0,0	0,6
Zur Ausgleichung	0,0	—	- 9,7	—	—	—	—0,6
Summa gleich	67,8	6,9	0,1	0,3	0,4	0,0	—

VIII. Röstung des

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Weißer Stein von VII	39,9	—	—	—	—	—	—
Desgl. für VI	7,1	—	—	—	—	—	—
Rother Stein von VI	1,9	—	—	—	—	—	—
Erdige Materialien: Herd	2,3	2,2	—	—	0,1	—	—
Desgl. Ziegelsteine	0,4	0,3	—	0,1	—	—	—
Atmosphärischer Sauerstoff	4,5	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien	56,1	2,5	—	0,1	0,1	—	—
Concentrationsstein v. VII f. XI	29,6	—	—	—	—	—	—
Desgl. für VI für IX	6,3	—	—	—	—	—	—
Kupferhalt. Böden v. VII f. IX	4,9	—	—	—	—	—	—
Desgl. von VI für IX	1,1	—	—	—	—	—	—
Schlacke für VI	6,7	2,3	3,4	0,1	0,1	—	—
Ofenbruch für IV	0,2	0,2	—	—	—	—	—
Kupfergekrätz für VI	0,1	—	—	—	—	—	—
Schweflichte Säure	7,2	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	56,1	2,5	3,4	0,1	0,1	—	—
Zur Ausgleichung	0,0	—	—3,4	—	—	—	—
Summa gleich	56,1	2,5	—	0,1	0,1	—	—

blauen Steins.

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff					Wasser und Kohlensäure.	Bemerkungen.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff.		
30,5	10,0	0,5	12,5	—	—	Der sogenannte Ofenbruch, Bruchstücke von den Ofenwänden ꝛc., der unter den Producten dieses Prozesses und der Prozesse II, IV, V, VI, VIII, IX, und X erwähnt wird, rührt von den Materialien her, die im Innern der Oefen in Berührung mit den zu verarbeiteten Materialien stehen. Dieser kupferhaltige Ofenbruch wird mit dem Hammer aus den Materialien ausgeschieden, die von der Zerstörung der Oefen herrühren. Aller kupferhaltige Ofenbruch wird bei dem Schmelzen IV zugeschlagen.
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	6,6	—	
30,5	10,0	0,5	12,5	6,6	—	
29,2	2,5	—	8,2	—	—	
0,2	—	—	—	—	—	
1,0	—	—	0,1	0,1	—	
0,1	—	—	—	—	—	
—	—	—	4,2	4,2	—	
30,5	2,5	—	12,5	4,3	—	
—	+ 7,5	+ 0,5	—	+ 2,3	—	
30,5	10,0	0,5	12,5	6,6	—	

weißen Extra-Steins.

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff.					Wasser und Kohlensäure.	Bemerkungen.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff		
29,2	2,4	0,1	8,2	—	—	Unter der Bezeichnung Kupfergekräß begreift man hier, wie in den folgenden Tabellen IX und X, das in den sandigen und kohligen Hüttensohle enthaltene Metall. Alles Kupfergekräß gelangt zu dem Prozeß VI.
5,2	0,4	—	1,5	—	—	
1,2	0,3	—	0,4	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	4,5	—	
35,6	3,1	0,1	10,1	4,5	—	
24,2	0,3	—	5,2	—	—	
5,2	0,1	—	1,0	—	—	
4,5	0,1	0,1	0,2	—	—	
1,0	0,0	—	0,1	—	—	
0,7	—	—	—	0,1	—	
0,0	—	—	—	—	—	
0,1	—	—	—	—	—	
—	—	—	3,6	3,6	—	
35,6	0,5	0,1	10,1	3,7	—	
—	+ 2,6	—	—	+ 0,8	—	
35,6	3,1	0,1	10,1	4,5	—	

IX. Röstung

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Weißer Stein von IV . . .	121,7	—	—	—	—	—	—
Concentrationsstein v. VIII	35,9	—	—	—	—	—	—
Kupferböden von VI	1,0	—	—	—	—	—	—
Desgl. von VIII	6,0	—	—	—	—	—	—
Ungeröstetes Erz (6. Classe)	7,4	1,4	—	—	—	—	—
Erdige Materialien: Herd .	3,3	3,0	—	0,1	0,2	—	—
Desgl. Ziegelsteine	1,7	1,4	—	0,3	—	—	—
Atmosphärischer Sauerstoff .	33,4	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien	210,4	5,8	—	0,4	0,2	—	—
Rohkupfer von weißem Stein	91,1	—	—	—	—	—	—
Desg. v. Concentrationsstein	30,0	—	—	—	—	—	—
Desgl. von Böden	6,6	—	—	—	—	—	—
Röstschlacke für IV	18,3	4,8	9,0	0,3	0,2	—	—
Ofenbruch für IV	1,4	1,0	—	0,1	—	—	—
Kupfergekrätz für VI	0,3	—	—	—	—	—	—
Schweflichte Säure	62,6	—	—	—	—	—	—
Wasser und Kohlensäure . .	0,1	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	210,4	5,8	9,0	0,4	0,2	—	—
Zur Ausgleichung	0,0	—	—9,0	—	—	—	—
Summa gleich	210,4	5,8	—	0,4	0,2	—	—

X. Gaarmachen und Hammergaarmachen

Bezeichnung der Materialien und Producte.	Ganzes Gewicht.	Erdige Materialien und Elemente d. Silicate.					
		Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschiedene Oxyde.
Rohkupfer v. weißem Stein	91,1	—	—	—	—	—	—
Desgl. v. Concentrationsstein	30,0	—	—	—	—	—	—
Desgl. von Böden	6,6	—	—	—	—	—	—
Erdige Materialien: Herd .	1,8	1,7	—	—	0,1	—	—
Desgl. Ziegelsteine	2,8	2,2	—	0,6	—	—	—
Atmosphärischer Sauerstoff .	1,6	—	—	—	—	—	—
Summa der Materialien	133,9	3,9	—	0,6	0,1	—	—
Verkäufl. Kupfer v. weiß. St.	86,2	—	—	—	—	—	—
Desgl. v. Concentrationsstein	29,1	—	—	—	—	—	—
Desgl. von Böden	6,3	—	—	—	—	—	—
Gaarschlacke von IV	7,3	2,0	1,6	0,2	0,1	—	0,1
Ofenbruch für IV	2,9	1,9	—	0,4	—	—	—
Kupfergekrätz für VI	0,3	—	—	—	—	—	—
Schweflichte Säure.	1,8	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	133,9	3,9	1,6	0,6	0,1	—	0,1
Zur Ausgleichung	0,0	—	—1,6	—	—	—	—0,1
Summa gleich	133,9	3,9	—	0,6	0,1	—	—

auf Rohkupfer.

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff.					Wasser und Kohlensäure.	Bemerkungen.
Kupfer	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff		
89,1	7,7	—	24,9	—	—	Die Röstungen VII, VIII und IX geben zu einer ähnlichen Bemerkung Veranlassung, wie die für die Röstungen I und III. Ein Theil des Schwefels entwickelt sich als Schwefelsäure, und folglich ist die Menge des atmosphärischen Sauerstoff, welche als Reagenz gebraucht wird, in der Wirklichkeit viel größer, als ihn die Tabellen VII, VIII und IX angeben.
29,3	0,4	—	6,2	—	—	
0,9	—	—	0,1	—	—	
5,5	0,1	0,1	0,3	—	—	
4,9	—	—	0,8	0,2	0,1	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	33,4	—	
129,7	8,2	0,1	32,3	33,6	0,1	
89,6	0,9	—	0,6	—	—	
29,5	0,3	—	0,2	—	—	
6,4	0,0	0,1	0,1	—	—	
3,6	—	—	—	0,4	—	
0,3	—	—	—	—	—	
0,3	—	—	—	—	—	
—	—	—	31,4	31,2	—	
—	—	—	—	—	0,1	
129,7	1,2	0,1	32,3	31,6	0,1	
—	+7,0	—	—	+ 2,0	—	
129,7	8,2	0,1	32,3	33,6	0,1	

des Rohkupfers.

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff.					Wasser und Kohlensäure.	Bemerkungen.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff		
89,6	0,9	—	0,6	—	—	Die erdigen Materialien (Herd und Ziegelsteine), welche hier zu den Rohstoffen gerechnet sind, so wie dies auch bei den vorhergehenden Prozessen der Fall war, stellen nicht den ganzen Sand und alle Ziegelsteine dar, welche zu der Construction des Herdes und der Ofenwände benutzt werden, sondern es werden nur diejenigen Theile dieser Materialien berücksichtigt, welche mit den andern chemischen Agentien in Verbindung getreten sind. Unter der Benennung Ziegelsteine hat man eine gewisse Menge feuerfesten Thon mit inbegriffen, indem derselbe zum inneren Ueberzug der Ofenwände verwendet worden ist.
29,5	0,3	—	0,2	—	—	
6,4	0,0	0,1	0,1	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	1,6	—	
125,5	1,2	0,1	0,9	1,6	—	
86,2	—	—	—	—	—	
29,1	—	—	—	—	—	
6,3	—	—	—	—	—	
3,0	—	—	—	0,3	—	
0,6	—	—	—	—	—	
0,3	—	—	—	—	—	
—	—	—	0,9	0,9	—	
125,5	—	—	0,9	1,2	—	
—	+1,2	+0,1	—	+0,4	—	
125,5	1,2	0,1	0,9	1,6	—	

Metallurgische Reaction von den 10

Allgemeine

Bezeichnung der Materialien und der Producte.	Gewicht der Materialien.			Erdige Materialien und Elemente der Silicate.					
	Feste.	Gasförmige.	Summa.	Kieselerde.	Eisenoxydul.	Thonerde.	Kalkerde.	Talkerde.	Verschied. Oxyde.
Erze. 1. Classe; in I z. rösten, in II zu schmelzen	720,1	—	720,1	294,4	—	11,7	1,2	3,1	—
2. Classe; in I zu rösten; in V z. schmelz.	21,5	—	21,5	5,4	—	0,2	0,1	—	—
3. C. ungeröst. i. II z. sch.	77,6	—	77,6	21,8	—	1,0	0,2	0,2	—
4 C. „ i. IV z. sch.	73,5	—	73,5	23,0	—	—	1,1	0,4	—
5 C. „ i. VI z. sch.	10,0	—	10,0	4,3	—	—	0,1	—	—
6. C. „ i. IX z. sch	7,4	—	7,4	1,4	—	—	—	—	—
7. C. „ i. IV z. sch.	2,0	—	2,0	0,3	—	—	—	—	—
	912,1	—	912,1	350,6	—	12,9	2,7	3,7	—
Verschiedene Reagentien. für I	—	139,1	139,1	—	—	—	—	—	—
„ II	39,5	—	39,5	10,6	—	2,9	0,5	—	—
„ III	—	61,2	61,8	—	—	—	—	—	—
„ IV	24,9	—	24,9	21,5	0,2	2,2	0,9	0,1	—
„ V	9,4	—	9,4	8,5	0,1	0,2	0,5	0,1	—
„ VI	11,5	—	11,5	7,4	2,4	0,4	1,1	0,1	—
„ VII	7,3	6,6	13,9	6,6	0,1	0,2	0,4	—	—
„ VIII	2,5	4,5	7,0	2,3	—	0,1	0,1	—	—
„ IX	3,9	33,4	37,3	3,4	—	0,3	0,2	—	—
„ X	2,3	1,6	3,9	2,0	—	0,2	0,1	—	—
Summa der Materialien	1.013,4	247,0	1.260,4	412,9	2,8	19,4	6,5	4,0	—
Endliche Producte. Von I | Gase . .	—	192,3	192,3	—	—	—	—	—	—
„ II Wegstürz Schlacken	600,1	—	600,1	362,6	171,5	17,4	12,0	3,6	8,4
„ II Gase . . .	—	61,2	61,2	—	—	—	—	—	—
„ III — Gase . .	—	68,4	68,4	—	—	—	—	—	—
„ IV — Gase . .	—	14,1	14,1	—	—	—	—	—	—
„ V — Gase .	—	6,7	6,7	—	—	—	—	—	—
„ VI Weggesetzte Schlacken	114,4	—	114,4	46,0	60,2	2,0	2,7	0,4	1,8
„ VI Zinnlegier.	0,6	—	0,6	—	—	—	—	—	—
„ VI Gase . . .	—	0,9	0,9	—	—	—	—	—	—
„ VII — Gase. .	—	8,4	8,4	—	—	—	—	—	—
„ VIII — Gase . .	—	7,2	7,2	—	—	—	—	—	—
„ XI — Gase . .	—	62,7	62,7	—	—	—	—	—	—
„ X Verkäufl. Kupfer . .	121,6	—	121,6	—	—	—	—	—	—
„ X Gase . . .	—	1,8	1,8	—	—	—	—	—	—
Summa der Producte	836,7	423,7	1.260,4	408,6	231,7	19,4	14,7	4,0	10,2
Zur Ausgleichung . . .	+176,7	-176,7	0,0	+4,3	-228,9	—	-8,2	—	-10,2
Summa gleich	1.013,4	247,0	1.260,4	412,9	2,8	19,4	6,5	4,0	—

Prozessen der Waleser Methode.

Wiederholung

Metallische Sulfurete und Oxyde; atmosphärischer Sauerstoff.					Wasser und Kohlensäure.	Fluorüre.			Bemerkungen.
Kupfer.	Eisen.	Verschiedene Metalle.	Schwefel.	Sauerstoff		Fluor.	Silicium.	Calcium	
70,5	148,2	7,6	176,4	2,8	4,2	—	—	—	Man sehe in Abschn. I. die chemische und mineralische Zusammensetzung der 7 Erzklassen.
4,9	4,7	—	5,9	0,1	0,2	—	—	—	
14,1	17,9	0,7	19,6	1,6	0,5	—	—	—	
28,3	8,8	0,1	4,5	6,2	1,1	—	—	—	
1,2	2,1	—	2,1	0,1	0,1	—	—	—	
4,9	—	—	0,8	0,2	0,1	—	—	—	
1,5	—	—	—	0,2	—	—	—	—	
125,4	181,7	8,4	209,3	11,2	6,2	—	—	—	
—	—	—	—	139,1	—	—	—	—	Man sehe in Abschn. I. die Beschreibung und chemische Zusammensetzung der Materialien, welche als Reagentien angewendet werden, und hauptsächlich des Flußspathes, der Ziegelsteine, des feuerfesten Thons, und des Sandes, der zur Anfertigung des Ofenherdes verwendet wird.
—	0,3	—	—	0,1	1,2	—	—	12,5	
—	—	—	—	61,8	—	11,4	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	
—	—	—	—	6,6	—	—	—	—	
—	—	—	—	4,5	—	—	—	—	
—	—	—	—	33,4	—	—	—	—	
—	—	—	—	1,6	—	—	—	—	
125,4	182,0	8,4	209,3	258,3	7,5	11,4	—	12,5	
—	—	—	94,2	93,7	4,4	—	—	—	Man sehe am Ende der Abschn. VIII und XII die Bezeichnung und die chemische Zusammensetzung der 4 festen Producte, von den Waleser Hüttenprozessen: der Schlacken von den Schmelzen II und VI, der Zinnlegierung und des verkäuflichen Kupfers.
3,0	5,4	—	3,6	—	—	6,0	—	6,6	
—	—	—	26,8	25,2	1,7	5,4	2,1	—	
—	—	—	34,3	34,1	—	—	—	—	
—	—	—	6,5	6,5	1,1	—	—	—	
—	—	—	3,0	3,7	—	—	—	—	
4,0	0,5	—	0,4	—	—	—	—	—	
4,0	—	0,2	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	0,4	0,3	0,2	—	—	—	
—	—	—	4,2	4,2	—	—	—	—	
—	—	—	3,6	3,6	—	—	—	—	
—	—	—	31,4	31,2	0,1	—	—	—	
121,6	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	0,9	0,9	—	—	—	—	
125,4	5,9	0,2	209,3	203,4	7,5	11,4	2,1	6,6	
—	+176,1	+ 8,2	—	+54,9	—	—	-2,1	+5,9	
125,4	182,0	8,4	209,3	258,3	7,5	11,4	—	12,5	

XIV. — Hüttenkosten für die verschiedenen Erzsorten; relative Folgerungen auf den Ankaufspreis dieser Erze; allgemeine Uebersicht des Waleser Hüttenbetriebes in Beziehung auf den Haushalt.

Mittlere Kostenrechnung für jede Tonne Erz, welche zur Hütte gelangt ist. — Die in den Abschn. III bis XII mitgetheilten Einzelnheiten, welche sich auf die Kosten von einem jeden der 10 Prozesse des Waleser Hüttenbetriebes beziehen, zeigen, daß die Hauptpuncte der speciellen Hüttenkosten folgende sind:

Arbeitslöhne, Brennmaterial, Sand, feuerfeste Ziegelsteine, feuerfester Thon, Flußspath, endlich verschiedene Materialien, welche zur Unterhaltung der Oefen, der Gezähe und des Inventars angewendet werden.

Um einen jeden dieser Prozesse genau zu charakterisiren, muß ich die Kosten angeben, welche eine jede verarbeitete Tonne Erz veranlaßt. Nimmt man aber die Sache aus einem allgemeinen Gesichtspuncte, so ist es ganz klar, daß das Wesentliche darin besteht, die Hüttenkosten, welche die Behandlung einer jeden Tonne veranlaßt, im Durchschnitt zu bestimmen.

Um diese Resultate aus denjenigen abzuleiten, welche wir weiter oben im Verlauf des Werkes für jeden Prozeß angegeben haben, müssen wir berechnen: 1) die Vertheilung jeder Tonne rohes Erz auf die 5 Prozesse, in denen diese Erze unmittelbar verarbeitet worden sind; 2) das Verhältniß der Materialien (Stein, Schlacken, kupferhaltiger Herd, Schwarzkupfer, Abfälle vom Walzen rc.), welches diese Vertheilung der rohen Erze für einen jeden der zehn Prozesse bestimmt; 3) endlich die speciellen Kosten, welche bei jedem Prozeß diese Menge des Materials zu verarbeiten gekostet hat.

Die summarischen Resultate dieser Berechnung sind in folgender Tabelle enthalten:



Specielle Kosten der zehn Prozesse für jede Tonne rohes Erz, welche in einer Waleser Schmelzhütte durchgesetzt worden sind.

Hüttenprozesse.	Verarbeitete Materialien.		Arbeitslöhne.		Brennmaterial		Sand zu den Herdsohlen und zu den Absteif.		Feuerfeste Ziegelsteine.		Feuerfester Thon.		Flußspath.		Andere Material. f. d. Unterhaltung d. Oefen, der Gezähe u. d. Invent.	Summa der Ausgaben.
	Rohes Erz.	Summa der verarbeitet. kupferh. Materi.														
			Tage.	Schill.	Tonnen	Schill	Tonnen	Schill.	Tonnen.	Schill.	Tonnen.	Schill.	Tonnen.	Schill.	Schill.	Schill.
I	0,813	0,813	0,306	0,652	0,108	0,508	—	—	0,0029	0,064	—	—	—	—	0,038	1,262
II	0,085	0,818	0,527	1,500	0,636	3,165	0,002	0,004	0,0082	0,213	0,0025	0,020	0,042	0,417	0,122	5,441
III	—	0,278	0,213	0,547	0,114	0,521	—	—	0,0008	0,018	—	—	—	—	0,028	1,114
IV	0,083	0,268	0,145	0,505	0,256	1,250	0,017	0,047	0,0032	0,083	0,0005	0,004	—	—	0,034	1,923
V.	—	0,108	0,042	0,147	0,076	0,372	0,005	0,013	0,0010	0,026	0,0002	0,002	—	—	0,009	0,569
VI	0,011	0,133	0,052	0,182	0,075	0,366	0,005	0,014	0,0012	0,031	0,0009	0,007	—	—	0,013	0,613
VII	—	0,058	0,047	0,100	0,048	0,233	0,008	0,021	0,0003	0,008	0,0004	0,003	—	—	0,005	0,370
VIII	—	0,054	0,027	0,063	0,020	0,097	0,003	0,007	0,0001	0,003	0,0003	0,003	—	—	0,009	0,182
IX	0,008	0,188	0,076	0,154	0,112	0,553	0,002	0,006	0,0009	0,023	0,0015	0,012	—	—	0,016	0,764
X	—	0,140	0,140	0,349	0,060	0,296	0,008	0,022	0,0012	0,032	0,0017	0,013	0,012	0,198	0,025	0,935
Summa:	1,000	2,858	1,575	4,199	1,505	7,361	0,050	0,134	0,0198	0,501	0,0080	0,064	0,054	0,615	0,299	13,173

Diese speciellen Kosten aber, die sich nur auf 13,17 Schilling belaufen, bilden nur den kleinsten Theil der Ausgaben, welche die Schmelzer zu tragen haben. Es ist nun jetzt erforderlich, die Gesammtheit der Kosten kennen zu lernen, welche zur Basis für die mittleren Preise dienen, die von den Schmelzern für die verschiedenen Erzsorten, die auf den öffentlichen Verkäufen (ticketing im Englischen) entweder in Swansea, oder in Cornwall, erstanden werden. Ich werde das, was ich über diesen Gegenstand selbst gehört habe, hier kurz wiederzugeben suchen. Indem ich übrigens diese Resultate denjenigen coordinire, die bereits in den vorhergehenden Abschn. aus einander gesetzt worden sind, nehme ich an, daß hier die Rede von einer Schmelzhütte ist, unter ganz bestimmten technischen Bedingungen arbeitet und im Durchschnitt wöchentlich 912,1 Tonnen und jährlich 47000 Tonnen Erz zugute macht, woraus wöchentlich 121,6 Tonnen und jährlich 6,250 Tonnen verkäufliches Kupfer erfolgen.

Andere besondere Kosten, die in 7 Abschnitte zerfallen. — Die hier in Betracht kommenden Kosten können unter folgenden Benennungen aufgeführt werden: 1) Erztransport; 2) Arbeiten, welche sich auf das Ganze des Hüttenbetriebes beziehen; 3) Ausgaben, welche den Unterhalt des gesammten Materials einer Hütte betreffen; 4) Abgaben für den Grund und Boden der Hütte; 5) Abzüge für die Hülfskasse der Arbeiter rc.; 6) Generalkosten für die Direction der Hütte, so wie für den Betrieb der Producte; 7) endlich Zinsen für das Betriebs- und das Handelskapital.

1) **Erztransport.** — Die Schmelzer kaufen die Erze auf Lieferung entweder zu Swansea, in den verschiedenen Lagern, die in der Nähe des Hafens und am Fluß vorhanden sind, oder in den Grafschaften Cornwall und Devon auf den Halden der Gruben. Sie müssen daher die Transportkosten für beide Sorten von Erz bis zur Hütte tragen. So wie wir bereits in Abschn. I angegeben haben, lassen sich diese Kosten bei denjenigen Schmelzhütten, die unter den günstigsten Bedingungen liegen, d. h. an dem Ufer bei Swansea, folgendermaßen aufführen:

Erze aus Cornwall und aus Devon . . .	7,72 Sch.
Erze von Swansea	0,95 Sch.

Die Transportkosten für eine Tonne der Erzbeschickung, wie sie in den letzteren Jahren gewöhnlich zugute gemacht worden ist, beträgt annähernd:

für 0,70 Tonnen Erz aus Cornwall . . .	5,40 Sch.
für 0,30 Tonnen Erz von Swansea . . .	0,29 Sch.
Summa:	5,69 Sch.

2) **Arbeiten und Kosten, welche sich auf das Ganze des Hüttenbetriebes beziehen.** — Die Arbeiten und die Kosten, welche sich auf den gesammten Kupferhütten-Betrieb beziehen, und die nicht auf die einzelnen Zweige derselben vertheilt werden können, sind die folgenden:

Das Fortschaffen der Schlacken auf eine Halde, wozu eine Dampfmaschine von 6 Pferdekräften angewendet wird; sie werden zuweilen auf eine Höhe von 30 Meter gehoben	11,4 Schill.
Verschiedene Kosten, welche sich auf die Verhältnisse mit Cornwall beziehen. Briefporto, Porto für die Proben; Tagelöhne, welche der Hüttenbetrieb das ganze Jahr hindurch erfordert	14,2 „
Kosten für die Stallung und Wartung von 5 Pferden, die den Transport in den Hütten in den Magazinen rc. selbst bewirken	13,1 „
Summa:	38,7 Schill.

3) Unterhalt des Inventars einer Schmelzhütte. — Der Unterhalt des Materials oder Inventars für den Hüttenbetrieb, d. h. für Gebäude, Oefen und Inventar, veranlaßt sehr bedeutende Ausgaben. Außer der Lieferung der Materialien, als Sand, Ziegelsteine, Thon, Metalle, Gezähe 2c., welche für jede Hütte ziemlich genau abgeschätzt werden können, und die wir schon bei den speciellen Kosten aufgeführt haben, gehören noch hierher der Lohn derjenigen Arbeiter, welche das ganze Jahr hindurch zu den Unterhaltungsarbeiten benutzt werden, so wie auch die Kosten für alle diejenigen Materialien, deren Verbrauch nicht auf die einzelnen Zweige des Betriebes vertheilt werden kann.

Da diese Unterhaltungsarbeiten hauptsächlich den Bau und die Reparaturen mit Stein oder Ziegelstein, Eisen oder Holz beziehen, so erfordern sie die stete Beschäftigung einer gewissen Anzahl von Maurern, Schmieden und Zimmerleuten.

Nützliche Einrichtungen in Beziehung auf die Maurerarbeiten. — Die Maurerarbeit hat einen weit wichtigern Einfluß auf den guten Erfolg der Hüttenprozesse, als die Arbeit der andern Handwerker. Sie veranlaßt auch die meisten Kosten und erfordert die genaueste Aufsicht. Die Hüttenbesitzer entziehen sich jedoch der Mühe dieser Beaufsichtigung dadurch, daß sie die Maurerarbeit den Meistern in Verding geben, Meistern, die mit dieser Art von Arbeit genau bekannt sind, und die sich verbindlich machen, alle an den Oefen und Gebäuden erforderlichen Reparaturen zu gelegener, zu günstiger Zeit für den bestimmten Preis von 0,208 Sch. auf die Tonne der in der Hütte verschmolzenen Erze, auszuführen, wobei ihm jedoch alle nöthigen Materialien geliefert werden. Der Transport der Materialien wird durch Tagelöhner gemacht, die fortwährend auf der Hütte beschäftigt sind und für eine Hütte mit einer jährlichen Zugutemachung von 47000 Tonnen betragen diese Reparturen die Summe von 9800 Sch., welche sich auf folgende Weise vertheilen lassen:

Lohn für 6 Maurer, welche 350 Tage zu 3 Sch., arbeiten	6300 Sch.
Gewinn für den Maurermeister als Entrepreneur . . .	3500 Sch.
Summa:	9800 Sch.

Der Maurermeister, welcher gewöhnlich selbst mit tüchtigen Gehülfen arbeitet, erfährt von den Schmelzern genau den Zeitpunct, zu welchem jeder Ofen einer Reparatur bedarf. Da er ein Interesse daran hat, die Dauer der Campagnen möglichst zu verlängern, so sucht er durch eigene und durch die Beobachtung der Schmelzer die Umstände zu erfahren, wodurch die Reparaturen möglichst vermindert werden können. Er sucht die Zerstörung des Ofens möglichst dadurch zu verhindern, daß er die Beschaffenheit der Materialien, welche zu der Construction der verschiedenen Theile am zweckmäßigsten sind, recht genau kennen lernt, und er giebt sich die größte Mühe, die Zusammenfügung dieser Materialien mit der größten Aufmerksamkeit und Zweckmäßigkeit zu bewirken, indem er Form und Dimensionen des Feuerungsraums, der Brücken, des Herdraumes 2c. nach den Angaben der Erfahrung nach und nach modificirt. Das auf diese Weise erlangte Zusammenwirken des Maurers und des Schmelzers hat zur Folge, daß die Größe der Leistung für eine gegebene Zeit und für einen bestimmten Kraftaufwand möglichst erhöht wird. Die Verbesserungen, welche fast täglich durch ein so ausdauerndes und fleißiges Zusammenwirken dieser bei den Classen von Arbeitern eingeführt werden, sind ohne allen Zweifel die Hauptursache der Vollkommenheit, welche die Oefen in Wales ganz unbedingt haben. Diese Mittel zu Fortschritten und Vervollkommnungen machen sich freilich viel ruhiger und fast ohne daß sie

bemerkt werden; sie bilden daher den Gegensatz von denjenigen Verbesserungen, worauf Patente genommen werden, und von denen die technischen Zeitschriften reden, allein sie sind durchaus nicht weniger reich an nützlichen Resultaten. Diese so einfachen, wirksamen und originellen Methoden des britischen Hüttenwesens sind größtentheils durch den Einfluß administrativer Combinationen entstanden, wie diejenigen sind, die wir jetzt angeführt haben. Der gute Erfolg der Waleser Kupferschmelzhütten insbesondere rührt aber vor allen Dingen von den so geschickten Arbeitern her, die man so viel als möglich an dem Gewinn theilnehmen läßt, der durch jede Betriebsverbessung erlangt wird, und der die Veranlassung ist, daß die Intelligenz der Arbeiter fortwährend auf die Vervollkommnung der Künste und Gewerbe gerichtet ist.

Aehnliche Combinationen finden wir auch bei anderen Reparaturarbeiten wieder. Die jährlichen Ausgaben lassen sich etwa auf folgende Weise specificiren:

Maurerarbeiten. — (Oefen, Essen, Gebäude, Mauern ꝛc.)	9800 Sch.
Schmiede- und Schlosserarbeiten. — (Beschläge und Armaturen für die Oefen, Karren, Erztröge, Verankerungen zu den Ofengewölben, Gebäuden ꝛc.)	3800 „
Zimmer- und Tischlerarbeiten. — (Schienenwege für den Erztransport, Karren, Erztröge, Chablonen für die Ofengewölbe, Reparaturen an den Gebäuden ꝛc.)	2500 „
Verschiedene Arbeiten. — Hülfsarbeiten zu den vorhergehenden	3400 „
Summa:	19500 Sch.

Die Materialien, welche diese verschiedenen Arbeiter gebrauchen, sind solche, die wir schon bei zwei Operationen erwähnt haben, nämlich:

Feuerfeste Ziegelsteine	23550 Sch.
Feuerfester Thon	3010 „
Sand für die Herde und die Abstiche . .	6300 „
Verschiedene Materialien: Gußeisen, Schmiedeeisen, gewöhnliche Zeigelsteine ꝛc. . . .	14050 „
Summa:	46910 Sch.

Die Materialien, welche hier bei den Generalkosten in Rechnung kommen müssen, sind hauptsächlich Ziegelsteine zu den Reparaturen der Gebäude und der Mauern, Ziegeln und Dachschiefer für die Dächer, Schmiedeeisen in Stäben und verarbeitet Gußeisen, Stahl, Nägel, Werkzeuge, verschiedene andere Metalle, Holz, Bretter u. s. w. Der summarische Werth dieser verschiedenen Materialien beträgt ungefähr 18500 Sch.

Zu den Generalkosten muß man noch eine Menge von Materialien rechnen, die gewöhnlich von einem besondern Magazin geliefert werden, und die man auf verschiedene Weise verwendet. Dahin gehören hauptsächlich Hanf, Leder, dasselbe zu Handschuhen verarbeitet, zu Schurzfellen, um die Arbeiter gegen die Einwirkungen der Hitze und gegen Beschädigungen von den Materialien zu schützen, Oel, Unschlicht zur Erleuchtung der Wohngebäude und Hütten, Farben, Glas und eine Menge anderer Gegenstände, die wir nicht alle namhaft machen können. Ihr summarischer Werth beträgt ungefähr 30000 Schill. Zu diesem Kapitel von Ausgaben kommt noch das Brennmaterial, welches nicht bei den eigentlichen Schmelzprozessen angewendet wird, sondern zu Feuerungen der Wohnungen und Expeditionen, oder welches Beamte und Arbeiter als Deputat

erhalten. Die hieraus erwachsende Ausgabe beläuft sich jährlich etwa auf 6200 Sch.

Kurz, der Unterhalt der Materialien und des Inventars, so wie auch der Verbrauch verschiedener Materialien, giebt Veranlassung zu einer jährlichen Ausgabe von ungefähr 74200 Sch., nämlich:

Arbeitslöhne	19500 Sch.
Baumaterialien	18500 =
Verschiedene Materialien ꝛc. . . .	30000 =
Steinkohlen	6200 =
Summa:	74200 Sch.

4) **Pacht für den Grund und Boden der Schmelzhütte.** — Die Acquisition der erforderlichen Plätze zur Erbauung einer Schmelzhütte und zur Aufstürzung der Schlacken, die während einer langen Reihe von Jahren producirt werden müssen, erfordert gewöhnlich keine Capitalien. Der Grund und Boden, auf denen man die Hütten erbauet, gehört gewöhnlich großen Grundbesitzern, die dem englischen hohen Adel angehören, und die den Gesellschaften, welche eine Hütte bauen wollen, diesen Boden nur auf eine bestimmte Zeit ablassen.

Die Gesellschaften zahlen dafür eine sehr mäßige jährliche Abgabe; allein nach Ablauf des Contracts, fällt das Terrain mit allen darauf aufgeführten Gebäuden den Grundbesitzern wieder zu. Auf diese Weise sind die so günstigen Stellungen der Hütten in der Nähe des Hafens von Swansea, an den Ufern des Flusses, zu denen die aus Cornwall herbeikommenden Schiffe so leicht gelangen können, kurz, das ganze Terrain zwischen diesem Fluß, welcher Erze und Ziegelsteine herbeiführt, bis zu dem Canal, auf dem die Brennmaterialien herbeigeführt werden, auf 60 Jahr, für einen jährlichen Pacht von 3000 Sch. für den Acre (160□⁰) überlassen. Eine Schmelzhütte, welche jährlich 47000 Tonnen Erz zugute macht, muß einen Raum von wenigstens 10 Acres haben, welches eine jährliche Ausgabe von 30000 Sch. erfordert, jedoch eine bei weitem weniger drückende Last, als wenn eine Gesellschaft sofort wenigstens 1000000 Sch. zur Erwerbung des Terrains verwenden soll.

Vortheilhafte Combinationen für die metallische Industrie. — Schon wiederholt habe ich bemerkt, daß die Verhältnisse des Grundeigenthums in England die Entwickelung des Berg= und Hüttenwesens ganz außerordentlich begünstigen. Statt eines bedeutenden Capitals zur Erwerbung des Grundeigenthums, sieht der englische Grundbesitzer gewöhnlich in die ferne Zukunft und tritt für den Augenblick sein Eigenthum unter sehr vortheilhaften Bedingungen ab. Entfernt, irgend einen Nutzen aus den Capitalien einer Gesellschaft zu ziehen, kommt er denselben oft noch damit zur Hülfe, daß er ihnen Capitalien vorstreckt. Ganz besonders wohlthätig ist dieser Einfluß des Grundeigenthums auf den metallischen Bergbau. Der Eigenthümer (lord of the manor) der Mineralreichthümer eines gewissen Bezirks nimmt sehr gern die Anerbietungen irgend einer Gesellschaft an, welche ihr nur eine Garantie bieten kann, daß der Abbau der Erzlagerstätten ohne irgend einen Verlust, oder Raubbau, bewerkstelligt werden kann. Er hütet sich wohl, einen unmittelbaren Gewinn von dem Anlagecapital der Bergbau=Gesellschaft ziehen zu wollen, um auf den werdenden Bergbau durchaus keinen ungünstigen Einfluß auszuüben. Er sieht es, in seinem Interesse gehandelt an, die Quellen der Unternehmung so viel als möglich, entweder durch Darleihung von Geldsummen, oder durch Vergünstigungen anderer Art, die der Grundbesitz gewähren kann, zu verstärken. Kurz, indem

er sein Interesse mit dem der Bergbautreibenden möglichst genau verbindet, verlangt er keinen Pacht, so lange als die Gruben nicht productiv sind, und er behält sich nur dann einen gewissen Theil von der Production vor, wenn die Ertragfähigkeit dieser Grube diesen Punct erreicht hat. In Frankreich finden ganz andere Verhältnisse statt: Die Concessionaire der metallischen Bergwerke suchen nur eine Summe Geldes von den Capitalisten, welche an dem Bergbau Theil nehmen wollen, zu erlangen. Eine solche unvorsichtige Geldgier kann nur schlechte Folgen haben, sowohl für den Bergbautreibenden, als auch für den Besitzer und verhindert jedes Heben der verschiedenen Zweige des öffentlichen Reichthums. Diese speciellen Fälle sind sehr geeignet, um zu beurtheilen, welchen Einfluß die Intelligenz der gewerblichen Interesse auf die Größe Englands ausübt. Sie zeigen auch ferner recht deutlich, wie die Einwirkung der Gewohnheiten und Sitten viel größer als die der Gesetze ist. Der metallische Bergbau gedeiht in England ohnerachtet der socialen Organisation, wonach die Mineralreichthümer auf ewige Zeiten lehnsweise in einer geringen Anzahl von Händen sind; er kränkelt in Frankreich ohnerachtet der liberalen Gesetze, welche diese Reichthümer denjenigen zuspricht, die am würdigsten sind, sie zu besitzen! Aehnliche Thatsachen zeigen sich in England in allen Zweigen der socialen Verhältnisse; sie erklären zum Theil die Festigkeit einer Constitution, die, wenn wir ihr Princip betrachten, gänzlich im Gegensatz zu den Gesinnungen stehen, wie sie sich seit einem Jahrhundert in der europäischen Gesellschaft entwickelt haben.

5) **Abgaben und Hülfsgelder für die Arbeiter.** — Die Abgaben und verschiedene andere Kosten, mit denen in England eine Hütte mit der erwähnten Wichtigkeit belastet ist, lassen sich auf folgende Weise veranschlagen:

Armentaxe und Straßenunterhaltsgelder	7000	Sch.
Einkommensteuer von dem Ertrage der Hütte	9000	=
Hülfsgelder für die Arbeiter, für Aerzte und für Arzneien . .	4000	=
Freiwillige Beiträge zur Verbesserung des Hafens von Swansea, zu den sogenannten Knappschaftskassen, zu dem Unterricht der Kinder, zum Unterricht der Arbeiter, so wie auch verschiedene andere Kosten	11000	=
Summa:	31000	Sch.

6) **Administrationskosten.** — Diese sind für die englischen Schmelzhütten gewöhnlich geringer als bei denen auf dem Festlande. Die Direction der Arbeiten wird in Großbritannien Arbeitern oder Beamten übertragen, die sich durch besonderes Geschick und Fleiß ausgezeichnet haben, und ihre Besoldung ist so regulirt, daß das Interesse dieser Leute mit dem der Hütte ganz zusammenhänge. Die obere Leitung einer solchen Anstalt wird gewöhnlich einem Mitgliede der Gesellschaften übergeben, welche die Hütten betreiben. Dieses Mitglied wohnt alsdann auf der Hütte oder in deren Nähe, und es werden dazu immer solche Individuen genommen, die das Zutrauen der ganzen Gesellschaft genießen. Die Rechnungsführung ist im Allgemeinen sehr einfach und summarisch, so wie man dann in England überall der Meinung ist, daß die Rechnungen mit einem zu speciellen Eingehen in die Einzelnheiten der Ausgaben, worauf man anderwärts als zu einer guten Ordnung gehörend einen so großen Werth legt, im Allgemeinen nur den Zweck haben können, die Verwaltung zu verwickeln und zu vertheuern. Aus allen diesen Gründen sind denn die Administrationskosten einer Waleser Schmelzhütte bei weitem geringer, als die für

eine große Hütte auf dem Festlande. Man kann diese Kosten annähernd folgendermaßen feststellen:

Ein vollziehender Administrator, der an dem Ertrage der Hütte Theil nimmt, und der die Ankäufe in Swansea besorgt, . .	10000	Sch.
6 Beamte für die Expeditionen für die Schmelzhütte und für die Geschäfte in Swansea	13000	=
5 Magazinaufseher, Portiers, Laufburschen ic.	4000	=
Ein Probirer, der in Cornwall wohnt	8000	=
Ein Probennehmer in Cornwall	6000	=
Ein Gaarmachermeister in der Schmelzhütte	7000	=
Materialkosten	3000	=
Summa:	51000	Sch.

7) Zinsen von den Capitalien. — Die bedeutenden Capitalien, welche der Bau und der Betrieb einer Kupferhütte in Wales erfordern, bilden eine von den Hauptbelastungen, welche die Zugutemachung der Kupfererze zu tragen haben. Die Schwierigkeit, welche die Herbeischaffung dieser Capitalien macht, hat viel dazu beigetragen, diese Hütten in wenige Hände zu bringen. Der Credit, den diese Capitalien den Hüttenbesitzern in Wales sichern und, man muß es besonders anerkennen, die Geschicklichkeit, mit welcher sie alle ihre Handelsoperationen ausgeführt haben, machen es erklärlich, wie sie seit 20 Jahren ihren Absatz verdoppeln konnten, und wie sie auf den großen Weltmärkten gewissermaßen ein Monopol haben, ohne den Preis des Kupfers jemals zu sehr sinken zu lassen.

Die Erze werden, wie wir schon im ersten Abschnitt bemerkt haben, fast nur für baares Geld angekauft; wogegen das fertige Kupfer mit 6 Monat Ziel verkauft wird. Bringt man nun außerdem den Verzug in Rechnung, welchen der Erztransport von den Gruben zu den Hütten, die Zugutemachung der Erze, so wie der Transport des Metalles nach den hauptsächlichsten Märkten veranlassen; berücksichtigt man endlich die Nothwendigkeit, in die sich die Hüttenbesitzer oft versetzt finden, das Kupfer, um zu niedrige Preise zu vermeiden, auf dem Lager zu behalten: so läßt es sich leicht erklären, welch bedeutende Capitalien der Betrieb einer solchen Kupferhütte erfordert. Ich bin der Meinung, daß das für eine Hütte ersten Ranges erforderliche Betriebscapital, auf eine jährliche Production von 1000 Tonnen Gaarkupfer, auf 1 Million Sch. veranschlagt werden kann. Etwa $\frac{1}{5}$ von diesem Capital ist durch Bauten unbeweglich gemacht; das Uebrige steckt als wirkliches Betriebscapital in den angekauften Erzen, in den Zwischenproducten, deren Verarbeitung nach und nach in der Hütte erfolgt, in dem Kupfer in den Magazinen, in dem den Käufern ertheilten Credit, und endlich in baaren Kassenbeständen.

Unter den angegebenen Bedingungen können die jährlichen Zinsen von den angewendeten Capitalien folgendermaßen annähernd bestimmt werden:

Anlagecapital	1,260000 Sch.	à 5%	63000	Sch.
Betriebscapital	5,040000 =	= 4%	201600	=
		Summa:	264600	Sch.

Wiederholung der verschiedenen Betriebskosten. — Die Ausgaben aller Art, die wir vorhin namhaft gemacht haben, umfassen alle Kosten, die der Schmelzhüttenbesitzer von dem Ankauf, dem Transport und der Zugutemachung der Erze hat, sowie auch die, welche daraus entstehen, daß das verkäufliche Kupfer längere oder kürzere Zeit in den Magazinen bleibt. Man kann diese

Kosten in 3 Classen bringen: 1) Erztransport; 2) Hüttenkosten; 3) Zinsen von dem Betriebscapital. Sie sind in der nachstehenden Tabelle speciell aufgeführt:

Tabelle über die Kosten auf eine Tonne Erz.

Bezeichnung der verschiedenen Classen und Kosten.	Jährliche Kosten.		Kosten auf die Tonne.	
	Im Einzelnen.	In Summa.	Im Einzelnen.	In Summa
I) Erztransport.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.
0,70 Tonnen Erze in Cornwall angekauft	253.800	—	5,40	—
0,30 Tonnen Erze in Swansea angekauft	13.630	—	0,29	—
Summa der Transportkosten:	267.430	267.430	5,69	5,69
II) Hüttenkosten.				
Specielle Kosten.				
Arbeitslöhne	197.400	—	4,20	—
Brennmaterialien	345.920	—	7,36	—
Verschiedene Materialien	75.670	—	1,61	—
Summa der speciellen Kosten	618.990	618.990	13,17	13,17
Generalkosten.				
Arbeiten und Kosten, welche sich auf das Ganze der Zugutemachung beziehen	38.700	—	0,82	—
Unterhaltung des Hüttenmaterials	74.200	—	1,58	—
Pacht für Grund und Boden	30.000	—	0,64	—
Abgaben, Hülfsgelder, Beisteuern rc.	31.000	—	0,66	—
Generaladministration; Direction der Hütte und der Factoreien	51.000	—	1,09	—
Zinsen von dem Anlagecapital	63.000	—	1,34	—
Summa der Generalkosten	287.900	287.900	6,13	6,13
Summa d. sämmtlichen Hüttenkosten	906.890	906.890	19,30	19,30
III) Zinsen vom Betriebscapital.				
Zins. v. ein. Capital v. 5,040000 Sch.	201.600	201.600	4,29	4,29
Generalsumme	1.375.920	1.375.920	29,28	29,28

Diese Resultate würden aber noch nicht hinreichen, um das festzustellen, was die Walesischen Hüttenbesitzer returning charges nennen, d. h. Kosten aller Art (in der Formel des Abschn. II. mit f bezeichnet), und welches der Hüttenbesitzer von dem laufenden Marktpreis des Kupfers abziehen muß, um daraus den sogenannten standard abzuziehen, wonach der Ankaufspreis der Erze bestimmt wird. Wirklich müssen von dieser Summe der Ausgaben die Vorwegnahmen aller Art zugesetzt werden, die dem Verkaufspreis des Kupfers und dem Gewinne entsprechen müssen, den der Hüttenbesitzer von seinem Gewerbe haben muß.

Verkaufskosten aller Art. — Der Hüttenbesitzer kann jedoch aus dem Verkauf der Metalle den in den Preis-Couranten angegebenen Preis durchaus

nicht ziehen. Um aus dem Verkauf seines Metalles baares Geld oder kurz laufende Wechsel zu erhalten, muß er auf den nominellen Preis einen Rabatt von 3% zugestehen. Der Verkauf wird gewöhnlich mittelst eines Commissionairs bewerkstelligt, welcher dem Verkäufer für die Zahlungsfähigkeit des Verkäufers garantirt und der für die Commission und seine Garantie eine Summe von 2% erhält. Um einen leichten Absatz seiner Producte zu finden, muß der Hüttenbesitzer dieselben auf die Hauptmärkte, d. h. nach London, Birmingham, Paris, Hamburg u. s. w. senden, und er muß zu dem Ende die Transportkosten, Assecuranzen, Magazingelder u. s. w. vorstrecken. Steht der Hüttenbesitzer mit den großen Abnehmern, sowohl in England als auch im Auslande, in directer Verbindung, so muß denselben gewöhnlich ein Rimesse von 2 Proc. gemacht werden.

Um die Kosten zu berechnen, womit auf diese Weise eine Tonne verarbeitetes Erz belastet wird, müssen wir annehmen, daß der laufende Preis der verschiedenen Kupfersorten nach den Taxe angenommen werde, die wir in Abschn. XII. angenommen haben.

Ich muß zuvörderst bemerken, daß, wenn der laufende Preis der gewöhnlichen Qualität, der weiter oben mit Nr. 4 bezeichnet worden ist und die man in dem Handel unter dem Namen tough copper oder tough cake, 95,2 Pfd. Sterling kostet, der mittlere Verkaufspreis, den der Hüttenbesitzer für die verschiedenen Sorten seiner Producte nehmen muß, etwa 95,6 Pfd. Sterling beträgt. Dies geht aus der folgenden Tabelle hervor, in der sich die relativen Verhältnisse der producirten Qualitäten und der Preis einer jeden derselben aufgeführt finden.

Bezeichnung der Kupfersorten. Benennungen.		Ordnungsnummer.	Wöchentliche Product.	Relatives Gewicht.	Preis für die Tonne.	Werth einer jeden Sorte.
			Tonne.		Lv. St.	Lv. St.
Best selected.	1te Qualität .	1	5,2	0,043	98,0	4,21
	2te Qualität .	2	23,9	0,196	97,5	19,11
Tough copper		4	76,2	0,627	95,2	59,69
Tile copper.	1te Qualität .	5	10,0	0,082	94,0	7,71
	2te Qualität .	6	6,3	0,052	93,5	4,86
Summa und Durchschnitte			121,6	1,000	95,58	95,58

Jede Tonne Kupfer, welche zu dem mittlern Preise von 95,6 Pf. Sterling verkauft wird, giebt zu folgenden Kosten Veranlassung, die unmittelbar von dem Verkaufspreise abgehen:

Disconto von 3% auf den laufenden Preis	2,87 Pf. St.
Commissionsgebühren, oder Credit, oder Rimessen, 2% . . .	1,91 „ „
Transportkosten nach den Märkten, Assecuranzen, Magazinkosten	1,22 „ „
Summa:	6,00 Pf. St.

Wenn demnach Kupfer von der gewöhnlichen Sorte 95,2 Pf. St. kostet, so erhält die Hütte davon nur 89,6 Pf. St. Unter diesen Umständen muß daher auf die Tonne zugute gemachtes Erz, eine Belastung von 15,96 Sch. in Abzug kommen.

Jährlicher Ertrag einer Schmelzhütte. — Nichts ist veränderlicher und unsicherer als der jährliche Ertrag einer Waleser Kupferschmelzhütte. Wären

die Umstände von der Art, daß der Erzankauf und der Kupferverkauf constant blieben, so würde der Ertrag einzig und allein von dem Grade der Vollkommenheit abhängen, mit denen die Hüttenprozesse ausgeführt werden würden. In der Wirklichkeit ist es ganz anders: Die geringste Veränderung, die sich auf eine unerwartete Weise in dem Kupferpreise zeigt, hat einen weit größern Einfluß auf den Ertrag der Hütte, oder den Gewinn des Besitzers, als die wesentlichsten Veränderungen bei seinem Gewerbe veranlassen könnten. So würde eine neue Verbesserung der Prozesse, welche die speciellen Hüttenkosten um 10% vermindern würde, den Gewinn auf eine Tonne Erz nur um 1,32 Sch. erhöhen, während den Gewinn um eine gleiche Summe zu vermindern, das Kupfer im Verlauf eines Jahres nur um 9,93 Sch. die Tonne, d. h. etwa ½ Proc., unter dem sogenannten Standardpreis nach welchen der Ankaufspreis der Erze regulirt worden ist, verkauft zu werden brauchten. Bedenkt man nun, daß seit etwa 7 Jahren der Preis des Kupfers Schwankungen von mehr als 20 Pf. St. oder von 400 Sch. auf die Tonne erlitten hat, so wird man leicht einsehen, daß die Richtung der Erzankäufe und der Kupferverkäufe, so wie die Benutzung des ungeheuern Betriebscapitals, einen weit wesentlichern Einfluß auf das Gedeihen einer Waleser Kupferschmelzhütte haben, als die Hüttenprozesse selbst. Wenn man endlich die bemerkenswerthe Einfachheit berücksichtigt, mit denen die Waleser Hütten betrieben werden, die vortreffliche Ordnung bei der technischen Verwaltung, so wie auch die Tüchtigkeit der Arbeiter und der untern Beamten, so läßt es sich leicht erklären, wie eine große Schmelzhütte weit weniger, als eine metallurgische Unternehmung, als eine Operation einer Bank oder des Großhandels angesehen werden kann. Indem man alle unvorhergesehenen Fälle berücksichtigt, wie es bei einer solchen Unternehmung der Fall sein muß, kann man den Gewinn, den die Waleser Hüttenbesitzer haben, auf 5 Proc. von den angelegten Capitalien schätzen. Unter den oben angenommenen Umständen steigt der Gewinn jährlich auf eine Summe von 315000 Sch. d. h. von 6,70 Sch. auf die Tonne.

Summe der Kosten und des Gewinnes (returning charges). — Kurz, die Kosten und der Gewinn, den die Wales'schen Hütten von jeder Tonne Beschickung, aus Erzen aus Cornwall und von Swansea, bei einem mittlern Gehalte von 0,137, und bei einem wirklichen Metallertrage von 0,133 geben, scheint mir auf folgende Weise festgestellt werden zu können, sobald der Preis für eine Tonne gewöhnliches Kupfer, 95,2 Pf. St. beträgt:

Erztransport	5,69	Sch.
Hüttenkosten, Administration, Zinsen von dem Anlagecapital	19,30	„
Zinsen von dem Betriebscapital	4,29	„
Verkaufskosten, Transport zu den Märkten, Commissionsgebühren, Credit und Disconto	15,96	„
Gewinn oder Ertrag für die Hütte	6,70	„
Summa der Kosten des Gewinnes (returning charges):	51,94	Sch.

Unter diesen seltenen Umständen kann der mittlere Ankaufspreis für die Tonne Erz auf 202,36 Sch. angenommen werden, wie es die nachstehende Berechnung zeigt.

Werth von 0,133 Tonnen Kupfer, die aus einer Tonne dargestellt werden:

0,133 T. × 95,6 Sch. = 0,133 × 1912 Sch. =	254,30
Abzug für Kosten und Gewinn	51,94
Bleiben zum Ankauf einer Tonne Erz:	202,36

Mittlerer Werth, welcher beim Ankauf der Erze dem Kupfergehalt derselben ertheilt wird. — Auf diese Weise wird das wesentliche Resultat des Erzhandels erläutert, nämlich der Werth, welcher durch den Ankaufspreis des Erzes dem darin enthaltenen Kupfer ertheilt wird. Dieses Resultat ist aus mehreren Gründen durch die Berechnungen des sogenannten Standard, welches bei diesem Handel angewendet wird (siehe Abschn. I) gänzlich versteckt. Aus diesen Zahlen leitet man das Resultat ab, daß das in den Erzen enthaltene Kupfer mit ⅘ des Werthes, welches es wirklich durch das Ausbringen zeigt, den Gruben bezahlt wird:

Verkaufspreis einer Tonne Kupfer, welche aus den Erzen dargestellt worden . . . . 1,912 Sch. = 1,000
Ankaufspreis für eine Tonne Kupfer, welche aus den Erzen ausgebracht werden soll . . . . 1,522 „ = 0,796

Kosten und Gewinn, welche von den Erzen aller Classen und allen Vorkommens im Voraus abgezogen worden sind. — Die entweder in Cornwall oder zu Swansea angekauften Erze, von einer sehr verschiedenen Beschaffenheit und einem eben so verschiedenen Metallgehalt, so wie wir sie weiter oben näher angegeben werden, veranlassen sehr verschiedenartige Schmelzkosten. Ich habe daher auch nur durch Berücksichtigung der verschiedenen Umstände den Ankaufspreis einer mittlern Erzsorte oder vielmehr einer Beschickung, die zum Theil aus Cornwall kam und zum Theil zu Swansea angekauft wurde, berechnen können. Um nun ein möglichst richtiges Resultat zu erlangen, muß man daher, wie es übrigens die Schmelzer bei ihrem Ankauf machen (Abschn. I.), die sämmtlichen Kosten feststellen, welche auf die Erze von jedem Gehalte und von jedem Vorkommen kommen.

Um zu diesem Resultate zu gelangen, muß ich zuvörderst bemerken, daß mehrere Ausgaben, welche eine Tonne Erz veranlaßt, mit dem Kupfergehalt regelmäßiger und schneller zunehmen, als die speciellen Kosten der Hüttenarbeiten. In diesem Fall sind auch hauptsächlich die Transportkosten des fertigen Kupfers, so wie auch die Rimessen von 5ȣ, welche die Hütte auf den Verkaufspreis gewähren muß. Diese letztern stehen im genauen Verhältniß zu der Menge des aus jenem Erz dargestellten Kupfers.

Die Zinsen von den Betriebscapitalien und der Gewinn der Hütte, welche im directen Verhältnisse zu der Wichtigkeit der angewendeten Capitalien stehen, verhalten sich auch größtentheils wie der Erzgehalt; denn der größte Theil der Betriebscapitalien einer Schmelzhütte wird zu Erzankäufen verwendet, und es ist ganz offenbar, daß der von jeder Erzsorte absorbirte Theil der Capitalien fast im directen Verhältniß zu dem Kupfergehalt steht. Um übrigens einen Begriff von der eigenthümlichen Vertheilung der Betriebscapitalien in einer Schmelzhütte zu geben, ist es hinreichend, wie weiter unten geschehen, die jährlichen Ausgaben und Einnahmen, welche unter den bis jetzt angenommenen Umständen stattfinden, aufzuführen. Ich setze fortwährend voraus, daß diese Schmelzhütte jährlich 47000 Tonnen Erz zugute macht und daraus 6251 Tonnen Gaarkupfer darstellt.

Ausgaben.			Einnahmen.		
Gegenstände d. Ausgaben.	Auf die Tonne Erz	Summa.	Gegenstände der Einnahmen.	Auf die Tonne Kupfer.	Summa.
Tonn.	Schill.			Schill.	Schill.
Ankauf d. Erze 47,000	202,36	9.510.900	Verkauf v. 6,251		
Transport der Erze .	5,69	267.400	Tonn. Kupf. zu	1.912	11.952.000
Specielle Hüttenkosten	13,17	619.000			
Generalkosten	6,13	288.100			
Transport und Verkauf des Kupfers .	15,96	750.100			
Zinsen v. Betriebscapt.	4,29	201.600			
Ertrag	6,70	314.900			
Summa	254,30	11.952.000	Summa gleich	—	11.952.000

Grundsätze, nach denen die Kosten nach der Classe und dem Vorkommen der Erze vertheilt werden. — Die Vergleichung dieser verschiedenen Ausgaben und eine Reihe von Betrachtungen, die zu entwickeln hier zu weit führen würde, haben mich zu der Annahme folgender Basen für die Berechnung der Kosten geführt, welche auf Erze von verschiedenem Kupfergehalt anwendbar sind. Die Transportkosten sind für jede Tonne Erz constant und absolut unabhängig von dem Verhältniß des Kupfers, welches darin enthalten ist. Die Generalkosten für die Zugutemachung sind meistentheils in demselben Fall, und man kann wenigstens die Ursachen der Schwankungen, welche von dem Erzgehalte abhängen, ohne irgend einen wesentlichen Fehler zu begehen, unberücksichtigt lassen. Die speciellen Hüttenkosten sind nach der Beschaffenheit und besonders nach dem Gehalt der Erze verschieden, so wie ich es weiter oben näher angegeben habe. Der Theil, welcher jeder Tonne Erz auf den Gewinn und auf die Zinsen vom Betriebscapital zugeschrieben werden muß, zerfällt in 2 Theile, von denen der eine für jede Tonne Erz fast constant ist, während der andere fast proportional mit dem Kupfergehalt schwankt. Diese beiden Elemente finden sich annähernd in den folgenden Verhältnissen ausgedrückt:

	Zinsen vom Betriebscapital.	Gewinn.
Constanter Theil für jede Tonne Erz	0,84	0,67
Theil, welcher dem Erzgehalt proportional ist	0,16	0,83
	1,00	1,00

Die Ankaufspreise der Erze, welche dem Kupfergehalt fast proportional sind, lassen sich stets bei den Untersuchungen, die mich in diesem Augenblick beschäftigen, aus der Differenz zwischen dem Verkaufspreise des Kupfers und den Kosten, welche auf die Erze jeden Gehaltes anwendbar sind, folgern; die Transportkosten und die Verkaufskosten für das Gaarkupfer endlich, folgen aus dem Gegensatz zu den Erztransportkosten, und sie verhalten sich, wie der Kupfergehalt der Erze.

Jedoch ist der Kupfergehalt nicht die einzige Ursache der Verschiedenheit der auf eine Tonne Erz anzuwendenden Kosten. Das Vorkommen der angekauften Erze, mag dieses nun in Cornwall oder in Swansea geschehen sein, übt auf den Betrag dieser Kosten einen sehr bedeutenden Einfluß aus. Für Erze von gleichem Gehalt betragen die Transportkosten von den Erzmagazinen

der Gruben bis zur Schmelzhütte 7,72 Sch. auf die Tonne Erz in Cornwall und in Devon, und nur 0,95 Sch. für die Tonne ausländischer oder inländischer Erze, die zu Swansea gekauft werden (Abschn. I.). Der Antheil der Kosten, welcher von den Zinsen des Betriebscapitals und von dem Gewinn bei Erzen von gleichem Gehalt herrührt, ist bei den Cornwalliser Erzen noch bedeutender wie bei den in Swansea erkauften, indem zwischen dem Ankauf der Erze in Cornwall und Devon und ihrer Ablieferung auf den Schmelzhütten bei Swansea, ohngefähr nach 1 Monat verläuft, während die am letzten Ort angekauften Erze schon in der Nähe der Hütten befindlich sind. Aus der weiter oben mitgetheilten Uebersicht der Einnahmen und Ausgaben folgt, daß das zu 5040000 Sch. angenommene Betriebscapital sich ungefähr alle 5 Monate erneuert. Der Zwischenraum, welcher zwischen dem Ankauf der Kupfererze und dem Verkauf des Gaarkupfers stattfindet, beträgt daher fast 4½ Monat für die Cornwalliser und 5½ Monat für die Swanseaer Erze. Der Theil des Betriebscapitals und des Gewinnes, welcher dem Capital entspricht, das zum Ankauf der Erze absorbirt worden ist, muß daher zwischen den Erzen von beiden Orten des Vorkommens im Verhältniß zu dieser Dauer vertheilt werden.

Unmöglichkeit einer genaueren Vertheilung. — Ich habe mich bei den vorhergehenden Angaben nur auf Näherungen beschränken müssen. Will man bei diesen Arten von Untersuchungen recht gründlich verfahren, so wird man, wie ich bereits im ersten Abschn. bemerkt habe, sehr bald zu der Ueberzeugung gelangen, daß die genaue Bestimmung der Hüttenkosten für Erze von verschiedenem Kupfergehalt und von verschiedenen Orten des Vorkommens wegen ihrer außerordentlichen Verwickelung eine fast unlösbare Aufgabe ist. Eine genauere Bestimmung würde übrigens auch einen sehr geringen praktischen Nutzen haben, und ich glaube annehmen zu dürfen, daß diese Annäherungen wenigstens eben so genau sind, als die aus den Rechnungen der Hütten entnommenen Zahlen. Kurz, ich bin der Meinung, daß die Kosten aller Art, welche sich auf die 7 Erzklassen anwenden lassen, die wir in diesem Werke aufgestellt haben, auf die in nachstehender Tabelle angegebenen Weise bestimmt werden können. Diese Tabelle giebt sowohl den Ankaufspreis für diese verschiedenen Erzsorten und das Verhältniß an, welches für jede Tonne Kupfer aus diesen Erzen, zwischen dem Ankaufs- und Verkaufspreise existirt. Man findet in derselben alle Data vereinigt, welche zur Anfertigung eines systematischen Tarifs für den Ankauf der Erze erforderlich sind. Ich werde weiter unten beweisen, daß ein solcher Tarif den Verkäufern der Erze weit mehr Sicherheit bieten würde, als die bis jetzt gebräuchlichen. Die in Abschn. XV mitgetheilten Betrachtungen beweisen auch, daß die Annahme eines Ankaufstarifs den fremden Grubenbesitzern das gehörige Vertrauen gewähren würde, sehr bedeutende Einführungen an Erzen veranlassen, und einen sehr guten Einfluß auf die Entwickelung der Waleser Schmelzhütten ausüben würde.

Tabelle über die Hüttenkosten und den Ankaufspreis für die 7 Hauptklassen

	Allgemein Durchschnitt.	1ste Classe.		2te Classe.		3te Classe.	
		Cornwall.	Swansea.	Cornwall.	Swansea.	Cornwall.	Swansea.
Kupfergehalt.							
Wirklicher Gehalt der Erze	0,137	0,098	0,098	0,228	0,228	0,182	0,182
Wirkliches Ausbringen der Erze	0,133	0,095	0,095	0,221	0,221	0,177	0,177
Schmelzkosten.							
Erztransport	5,69	7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95
Specielle Hüttenkosten	13,17	12,87	12,87	13,03	13,03	16,26	16,26
Generalkosten	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13
Zinsen v. Betriebscapit.	4,29	3,39	2,89	7,89	6,73	6,29	5,39
Transport u. Verkauf des Kupfers	15,96	11,40	11,40	26,52	26,52	21,24	21,24
Gewinn	6,70	5,08	4,44	11,87	10,38	9,51	8,31
Summa	51,94	46,59	38,68	73,16	63,74	67,15	58,28
Wesentliche Resultate, welche sich auf den Tarif zum Ankauf der Erze beziehen.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.
Mittlerer Marktpreis f. 1 Tonne Kupfer .	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912
Desgl. von d. Kupfer, welches aus einer T. Erz dargestellt worden ist	254,30	181,64	181,64	422,55	422,55	338,42	338,42
Ankaufspreis für jede Tonne Erz	202,36	145,05	142,96	349,39	358,81	271,27	280,14
Ankaufspreis für jede T. Kupfer, welche aus dem Erz gewonnen wird	1.522	1.527	1.504	1.581	1.624	1.533	1.583
Verhältniß zwischen d. Ankaufs- u. d. Verkaufspreis einer jed. Tonne Kupfers . .	0,796	0,799	0,787	0,803	0,849	0,802	0,828

von Kupfererzen, welche in den Waleser Schmelzhütten unterschieden werden.

4te Classe.		5te Classe.		6te Classe		7te Classe.		Durchschnitt.	
Cornwall.	Swansea.	Cornwall.	Swansea.	Cornwall.	Swansea.	Cornwall.	Swansea.	Cornwall.	Swansea.
0,385	0,385	0,120	0,120	0,662	0,662	0,750	0,750	0,137	0,137
0,373	0,373	0,116	0,116	0,642	0,642	0,728	0,728	0,133	0,133
7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95	7,72	0,95
14,01	14,01	6,14	6,14	6,39	8,39	20,28	20,28	13,17	13,17
6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13	6,13
13,30	11,34	4,13	3,52	22,90	19,52	25,98	22,15	4,75	4,05
44,76	44,76	13,92	13,92	77,04	77,04	87,36	87,36	15,96	15,96
20,02	17,50	6,22	5,44	34,53	30,19	39,11	34,29	7,15	6,25
105,94	94,69	44,26	36,10	156,71	142,22	186,58	171,16	54,88	46,51
Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.	Schill.
1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912	1.912
713,18	713,18	221,79	221,79	1.227,50	1.227,50	1.391,94	1.391,94	254,30	254,30
607,24	618,49	177,53	185,69	1.070,79	1.085,28	1.205,36	1.220,78	199,42	207,79
1.628	1.658	1.530	1.600	1.668	1.690	1.656	1.677	1.499	1.562
0,852	0,876	0,800	0,837	0,873	0,884	0,866	0,877	0,784	0,817

Vergleichung des wirklichen und des berechneten mittlern Ankaufspreises der Erze. — Die laufenden Preise der sowohl zu Swansea als auch in Cornwall verkauften Erze werden nach jedem Verkauf bekannt gemacht; der Kupfergehalt eines jeden Postens von diesen verkauften Erzen wird jedoch nur bei den in den Niederlagen zu Swansea verkauften mitgetheilt. Man kann daher nur bei diesen finden, bis zu welchem Punct der aus vorhergehenden Proben abgeleitete Verkaufspreis in Uebereinstimmung mit demjenigen ist, welcher von den Hütten wirklich bezahlt worden. Ehe man jedoch eine solche Vergleichung anstellt, muß man mehrere wesentliche Bemerkungen berücksichtigen.

Zuvörderst läßt sich der nach den Listen der Preis-Courante für jede Tonne Erz bezahlte Preis nicht auf eine Tonne oder 20 Centner, sondern auf 21 Centner anwenden; der wirkliche Preis ist daher um $\frac{1}{21}$ geringer als der nominelle. Man kann dies noch dadurch beweisen, indem sich leicht berechnen läßt, daß der bezahlte Preis nicht auf ein Erz von dem angegebenen Gehalt, sondern auf ein solches sich anwenden lasse, dessen Gehalt um $\frac{1}{20}$ höher ist.

Zweitens sind die auf solche Weise bestätigten Resultate noch nicht mit den Handels-Preis-Couranten zu vergleichen, welche im Allgemeinen für Erze von einem weit höheren Gehalt aufgestellt worden sind, als wie die Probe angiebt. Das Ausbringen der Erze durch die Hüttenprozesse ist immer höher, als die bei dem Probiren nachgewiesene Kupfermenge. Der Schmelzer berücksichtigt bei der Berechnung seines Ankaufspreises diesen Umstand sehr wohl und richtet sein Gebot nach der Kupfermenge ein, welche das Ausbringen im Großen giebt.

Es hat große Schwierigkeiten, bei der Zugutemachung und der Beschickung von vielen Erzen, den Kupfergehalt eines jeden mit Genauigkeit anzugeben. Ich selbst habe sehr zahlreiche Untersuchungen angestellt, um dieses Resultat zu bestätigen, entweder, indem ich von den Daten ausging, welche die Hüttenrechnungen geben, oder indem ich durch genaue Probirmethoden die Angaben der englischen Probirer untersuchte, um den Kupfergehalt ganz genau zu bestimmen.

Verhältnisse zwischen dem Erzgehalt der Proben und dem wirklichen Ausbringen im Großen. — Es giebt bei der Waleser Schmelzmethode zwei Ursachen des Kupferverlustes: 1) die Beschickung mit armen Schlacken, welche im Durchschnitt 0,028 von dem dargestellten Kupfer aufnehmen; 2) das mechanische Hängenbleiben von Kupfertheilchen in den Gasen, die aus den Essen entweichen. Die von mir zusammengestellten Elemente sind nicht hinreichend, um den Einfluß dieser zweiten Ursache genau zu bestimmen; sie beweisen nur, daß dieselbe sehr bedeutend ist (s. Abschn. XVI.). Der Kupferverlust, den die Probirer angeben, beruht stets auf diesen beiden Verlusten zusammen. Ich habe gefunden, daß zur Bestimmung der wirklichen Kupfermenge, welche das hüttenmännische Ausbringen angiebt, jede Gewichtseinheit des Metalles, die durch die Proben erlangt worden ist, mit den hier aufgeführten Coefficienten, von denen ich annehmen darf, daß sie der Wahrheit sehr nahe kommen, multiplicirt werden müsse.

Gehalt nach der Probe.			Coefficienten.
0,082	à	0,110	1,07
0,111	=	0,130	1,06
0,131	=	0,150	1,05
0,151	=	0,190	1,04
0,191	=	0,250	1,03
0,251	=	0,350	1,02
0,351	=	0,450	1,012
0,451	=	0,550	1,010
0,551	=	0,650	1,008
0,651	=	darüber	1,006

Berichtigt und vervollständigt man nach diesen Angaben die Resultate, welche ohne weitere Wahl aus denen entnommen worden sind, die während der letztern Jahre gemacht wurden, so lassen sich folgende Gleichheiten und Verschiedenheiten, wie sie in der Tabelle zusammengestellt worden sind, zwischen den wirklichen Verkaufspreisen und denen, welche die Hüttenbesitzer bezahlt haben würden, wenn sie ihre Gebote ausschließlich durch die Hüttenkosten begründet hätten, nachweisen.

Vergleichende Tabelle über den wirklichen und den mittleren berechneten

Datum des Verkaufs.	Laufend. Preis für 1 T (20 C.) Kupf. z. Lond.		Kupfergehalt der Erze.			Wirklicher Verkaufspreis v 1 Ton Erz	Berechneter mittlerer Verkaufspreis von 1 Tonne Erz.			Diff. zwisch. d. wirkl. u. d. berechn. mittl Preis.	
	In Pfund. Sterling.	In Schillingen.	Kupfergehalt in 1000 Th Erz nach der Probe.	Coefficient, welcher d. wirkliche Ausbr in der Hütte angiebt.	Wirkliches Ausbringen d. Hütte a. 1,000 Erz.		Geldwerth des erlangt. Kupfers.	Mittlere Auslagensum. d. Hütte auf 1 T. Erz.	Diesen Auslag. entsprechend mittl. Ankaufsps.	z. Nachth. d. Verkäuf.	z. Vorth. d Verkäuf.
1841.							Schill.				
6. Januar.	100	2.000	0,089	1,070	0,095	161	190	39	151	—	10
dito . .	100	2.000	0,209	1,030	0,215	353	430	63	367	14	—
dito . .	100	2.000	0,475	1,010	0,480	795	960	112	848	53	—
5. Mai . .	95	1.900	0,102	1,070	0,109	178	207	41	166	—	12
dito . .	95	1.900	0,205	1,030	0,211	324	401	63	338	14	—
dito . .	95	1.900	0,490	1,010	0,495	783	941	115	826	43	—
8. Septemb.	98	1.960	0,104	1,070	0,111	170	218	41	177	7	—
dito . .	98	1.960	0,205	1,030	0,211	350	414	63	351	1	—
dito . .	98	1.960	0,650	1,008	0,655	1.120	1.284	145	1.139	19	—
1843.											
18. Januar.	84	1.680	0,098	1,070	0,105	166	176	40	136	—	30
dito . .	84	1.680	0,212	1,030	0,218	363	366	63	303	—	60
dito . .	84	1.680	0,657	1,006	0,661	1.122	1.110	146	964	—	158
1. Februar.	85	1.700	0,115	1,060	0.122	188	207	44	163	—	25
dito . .	85	1.700	0,205	1,030	0,211	347	359	63	296	—	51
dito . .	85	1.700	0,460	1,010	0,465	787	791	110	681	—	106
10. Mai .	82	1.640	0,082	1,070	0,088	119	144	38	106	—	13
dito . .	82	1.640	0,205	1,030	0,211	314	346	63	283	—	31
dito . .	82	1.640	0,417	1,012	0,422	654	692	102	590	—	64
9. August .	78½	1.570	0,098	1,070	0,105	134	165	40	125	—	9
dito . .	78½	1.570	0,194	1,030	0,200	270	314	61	253	—	17
dito . .	78½	1.570	0,550	1,010	0,555	785	871	127	744	—	41
6. Decemb.	87	1.740	0,090	1,070	0,096	137	167	39	128	—	9
dito . .	87	1.740	0,205	1,030	0,211	329	367	63	304	—	25
dito . .	87	1.740	0,502	1,010	0,507	811	882	117	765	—	46
1844.											
7. Februar.	88	1.760	0,090	1,070	0,091	138	160	38	122	—	16
dito . .	88	1.760	0,207	1,030	0,213	335	375	63	312	—	23
dito . .	88	1.760	0,512	1,010	0,517	835	910	119	791	—	44
20. Nov. .	84	1.680	0,094	1,070	0,101	129	170	40	130	1	—
dito . .	84	1.680	0,205	1,130	0,211	291	354	63	291	—	—
dito . .	84	1.680	0,560	1,008	0,564	813	948	128	820	7	—
26. Decemb.	84	1.680	0,097	1,070	0,104	134	175	40	135	1	—
dito . .	84	1.680	0,207	1,030	0,213	287	358	63	295	8	—
dito . .	84	1.680	0,535	1,010	0,540	762	907	124	783	21	—
1845.											
2. Juli . .	88½	1.770	0,097	1,070	0,104	153	184	40	144	—	9
dito . .	88½	1.770	0,205	1,030	0,211	305	373	63	310	—	—

Verkaufspreis der von 1841 bis 1848 zu Swansea versteigerten Erze.

Datum des Verkaufs.	Laufend. Preis für 1 T. (20 C.) Kupf. z. Lond		Kupfergehalt der Erze.			Wirklicher Verkaufspreis v. 1 Ton. Erz.	Berechneter mittler. Verkaufspreis von 1 Tonne Erz.			Diff. zwisch. d. wirkl. u. d. berechn. mittl. Preis	
	In Pfund. Sterling.	In Schillingen.	Kupfergehalt in 1,000 Th. Erz nach der Probe	Coefficient, welcher d. wirkliche Ausbr. in der Hütte angiebt.	Wirkl. Ausbringen d. Hütte a. 1,000 Erz.		Geldwerth des erlangt. Kupfers.	Mittlere Auslagensum. d. Hütten auf 1 T. Erz.	Diesen Auslag entsprechend. mittl. Ankaufsps.	Z. Nachth. d. Verkäuf.	Z. Vorth. d. Verkäuf.
							Schill.				
2. Juli . .	88½	1.770	0,282	1,020	0,288	443	510	75	435	—	8
31. Decemb.	93	1.860	0,095	1,070	0,101	144	188	40	148	4	—
dito . .	93	1.860	0,207	1,030	0,213	303	396	63	333	30	—
dito . .	93	1.860	0,530	1,010	0,535	762	995	123	872	110	—
1846.											
25. Februar.	93	1.860	0,085	1,070	0,091	105	169	38	131	26	—
dito . .	93	1.860	0,200	1,030	0,206	274	346	62	284	10	—
dito . .	93	1.860	0,322	1,020	0,328	401	610	83	527	126	—
10. Juni .	93	1.860	0,095	1,070	0,102	133	190	40	150	17	—
dito . .	93	1.860	0,200	1,030	0,206	280	383	62	321	41	—
dito . .	93	1.860	0,352	1,012	0,356	501	662	89	573	72	—
16. Sept. .	88½	1.770	0,094	1,070	0,101	131	179	40	139	8	—
dito . .	88½	1.770	0,205	1,030	0,211	288	373	63	310	22	—
dito . .	88½	1.770	0,482	1,010	0,487	652	862	113	749	97	—
9. Decemb.	88½	1.770	0,100	1,070	0,107	149	189	41	148	—	1
dito . .	88½	1.770	0,205	1,030	0,211	314	373	63	310	—	4
dito . .	88½	1.770	0,252	1,020	0,257	395	455	68	387	—	8
1847.											
20. Januar.	88½	1.770	0,091	1,070	0,097	126	172	39	133	7	—
dito . .	88½	1.770	0,210	1,030	0,216	306	382	63	319	13	—
dito . .	88½	1.770	0,542	1,010	0,547	815	968	124	844	29	—
25. März .	98	1.960	0,089	1,070	0,095	136	186	39	147	11	—
dito . .	98	1.960	0,202	1,030	0,208	326	408	62	346	20	—
dito . .	98	1.960	0,480	1,010	0,485	795	951	113	838	43	—
4. Novemb.	98	1.960	0,108	1,070	0,115	143	225	43	182	39	—
dito . .	98	1.960	0,242	1,030	0,249	321	487	67	420	99	—
dito . .	98	1.960	0,412	1,012	0,416	612	815	101	714	102	—
18. Novemb.	98	1.960	0,094	1,070	0,101	130	198	40	158	28	—
dito . .	98	1.960	0,202	1,030	0,208	283	408	62	346	63	—
dito . .	98	1.960	0,515	1,010	0,520	719	1.019	120	899	180	—
23. Decemb.	98	1.960	0,082	1,070	0,088	115	172	38	134	19	—
dito . .	98	1.960	0,192	1,030	0,198	291	388	61	327	36	—
dito . .	98	1.960	0,405	1,012	0,409	615	802	100	702	87	—
1848.											
4. Mai . .	88½	1.770	0,092	1,070	0,098	131	173	39	134	3	—
dito . .	88½	1.770	0,229	1,030	0,236	322	418	65	353	31	—
dito . .	88½	1.770	0,280	1,020	0,286	401	501	74	427	26	—

Die Untersuchung der in der Tabelle enthaltenen Resultate giebt zu mehreren wichtigen Bemerkungen Veranlassung.

Bedeutende Unterschiede zwischen den Hüttenkosten zu verschiedenen Zeiten. — Die hervorstehendste Thatsache ist die bedeutende Differenz, welche zwischen den Hüttenkosten, welche wirkliche Auslagen der Hütten sind, zu verschiedenen Zeiten existirt. Man sieht sogleich, daß die Erz-Preiscourante in dem Verlauf des Jahres 1843 den Hütten weit geringere Vortheile brachten, als es am Schluß von 1847 und am Anfang von 1848 der Fall war. In dem Verlauf der letzten 8 Jahre haben sich die Hüttenkosten fast um dieselbe Größe, über oder unter den weiter oben angegebenen Resultaten, entfernt. Diese Resultate sind dadurch bestätigt, und sie können daher bei den Berechnungen über den Kupfererzhandel als mittlere Angaben dienen. Ich bemerke dabei, daß die in der letzten Tabelle mitgetheilten Zahlen ein bei weitem sichereres Anhalten geben, als die sogenannten Standards in den Preislisten. Man findet auch in den gesammten Resultaten, die in diesem Abschn. mitgetheilt worden sind, alle nothwendigen Data, um die Fragen aufzuklären, welche durch die Bekanntmachung der Waleser Standards weit mehr verdunkelt als aufgeklärt werden. Man könnte mit denselben Daten einen weit zweckmäßigeren Tarif für die Erzversteigerungen aufstellen, der von den laufenden Preisen des Kupfers abhinge. Sicher würde ein solcher Tarif einheimischen und fremden Bergleuten weit mehr Sicherheit darbieten, als es bei den wirklichen Tarifen der Fall ist.

XV. Einfluß, den die Waleser Kupferhütten bis jetzt auf den Kupferhandel ausgeübt haben; Vergleichung dieses Centralpunctes der Kupferproduction mit den jetzt existirenden, so wie mit denen, die an andern Puncten der Erde entstehen können.

Uebergewicht der Waleser Gruppe als Centralhüttengruppe für die Erze beider Oceane. — Aus den Untersuchungen, von denen wir in den vorhergehenden Abschn. Rechenschaft gegeben haben, folgt, daß die eigentlichen Hüttenkosten in den Waleser Schmelzhütten nur auf 19,30 Schill. für die englische Tonne steigen. So viel ich weiß, giebt es nur wenige Hütten im nördlichen und östlichen Europa, welche die Kupfererze zu gleich niedrigen Kosten zu verhütten im Stande sind; allein die Hütten in Schweden, Norwegen, Sibirien, im Gouvernemet von Orenburg, in Ungarn u. s. w., welche ich selbst besucht habe, liegen im Allgemeinen weit von dem Meere und von den großen Weltmärkten für den Metallverkehr. Da ihre Lage für den Vertrieb des Kupfers, welches sie aus benachbarten Erzen gewonnen haben, eine sehr ungünstige ist, so können sie in keinem Fall Centralpuncte für die Verschmelzung von Erzen werden, die in andern Gegenden der Erde gewonnen worden sind. Die bloße Vergleichung der Hüttenkosten in allen Kupferhütten des östlichen Europas, die in der Nähe großer Handelsstraßen liegen, würde daher eine vollständige Erklärung geben, wie die Provinz Wales gewissermaßen der Centralpunct für die Verschmelzung aller derjenigen Erze geworden ist, die nicht in der Nähe ihres Vorkommens zu Gute gemacht werden können. Das Emporkommen der Waleser Kupferhütten rührt von verschiedenen Ursachen her,

die das vorliegende Werk hinlänglich kennen lehrt, und zu denen hauptsächlich der Umstand gehört, daß in Wales das Brennmaterial außerordentlich wohlfeil ist, daß die dortige arbeitende Classe viel Geschicklichkeit besitzt, daß die Verbindungen mit allen großen Märkten ausgezeichnet gut sind, daß ein Ueberfluß von Capitalien vorhanden, und daß in allen Classen der Bevölkerung eine tiefe Einsicht in die industriellen und commerciellen Interessen verbreitet ist. Kurz, man findet hier dieselben Elemente des guten Erfolgs, die Großbritannien zu den Hauptcentralpuncten der Verarbeitung ausländischer Rohproducte, namentlich der Baumwolle, der Seide, des Flachses, der Wolle, des Eisens zu Stahl u. s. w. gemacht haben. Es läßt sich deutlich vorhersehen, daß die seltene Verbinigung so mancherlei Ursachen auch die Zukunft dieses Mittelpunctes der Industrie sichern werden.

Wird dieses Uebergewicht das ausschließliche Monopol nach sich ziehen, welches die Waleser Kupferhütten bis jetzt schon gehabt haben? — Nachdem wir jedoch die industriellen Bewegungen, welche die Zugutemachung in- und ausländischer Kupfererze in Wales veranlassen, bewundert haben, kommen wir, wie ich es auch schon bei einer andern Reihe von Untersuchungen,[1]) bei Gelegenheit des Stahleisens, gemacht habe, zu der Frage: Ob dieses unbestreitbare Uebergewicht Englands nothwendig die ausschließliche Erhaltung des Monopols nach sich ziehen müsse, die es bis jetzt gehabt habe. Ich habe daher die folgendenden Fragen zu lösen gesucht:

Giebt es auf dem Festlande von Europa Puncte, die eine eben so vortheilhafte Lage haben zur Zugutemachung der Kupfererze, die an verschiedenen Puncten der Erde gewonnen sind, wie die englische Provinz Wales?

In dem Fall, daß keine Gegend mit Wales zur Zugutemachung der Erze aller Vorkommnisse und zur Fabrikation des Kupfers zur Ausfuhr nach allen Gegenden der Erde, in Concurrenz treten könnte, giebt es dennoch Gegenden, wo man mit Vortheil die in der Nachbarschaft gewonnenen Erze, die man bis jetzt nach Wales geschafft hat, verhütten könnte? Giebt es endlich, wenn solche Gegenden wirklich nicht vorhanden sind, wenigstens solche, in denen man mit Erzen von gewissem Vorkommen, Kupfer produciren könnte, welches hauptsächlich zum Localverbrauch bestimmt wäre, statt dasselbe aus Wales zu beziehen, welches Land dadurch alle Vortheile der Zugutemachung der Erze genießt?

Von den vielen Folgerungen, zu denen mich diese Untersuchungen geführt haben, beschränke ich mich aber nur auf die Auseinandersetzung derjenigen, welche Frankreich betreffen.

Jährliche Kupfer-Production in Europa und in den übrigen Welttheilen. — Zuvörderst halte ich es für unerläßlich, aus den von mir seit 15 Jahren gesammelten Nachrichten, über die jetzige Kupferproduction und den jetzigen Verkehr mit diesem Metall in allen Ländern, welche mit den Völkern Europa's in Handelsverkehr stehen, eine kurze Uebersicht zu geben. Ich gebe diese Uebersicht nach einem 10jährigen Durchschnitt bis 1848, und es haben an der Production folgende Länder Theil genommen:

[1]) Ueber die Stahlfabrikation in der englischen Provinz York und Vergleichung der europäischen Hauptgruppen von Stahlwerken. (Berg- und Hüttenmännische Zeitung, Jahrgang 1844, Seite 273.) — Ueber die Darstellung des zur Stahlfabrikation angewendeten Stabeisens im nördlichen Europa, über den Handel mit demselben und seine weitere Benutzung. (Daselbst Jahrgang 1847, Seite 1.)



		Tonnen.
Großbritannien (Erze aus Cornwall und aus Devon) . .	13,100	28.600
Großbritannien (Erze aus verschiedenen Theilen des Königr.)	2,700	
Großbritannien (fremde Erze)	12,800	
Russisches Reich (in Europa und Sibirien)		3900
Oesterreich		4500
Schweden und Norwegen		2100
Deutsche Zollvereins-Staaten (Preußen, Hannover und Braunschweig, Sachsen, Nassau rc.)		1500
Die Türkei (in Europa und Kleinasien)		2000
Frankreich (aus inländischen Erzen)	30	700
Frankreich (aus ausländischen Erzen)	670	
Verschiedene mittelländische Staaten (Spanien, Toscana rc.)		800
Das amerikanische Festland (Chili, Peru rc.)		5900
Japan		2400
Das asiatische Festland (China rc.)		unbekannt
	Summa:	52.400

Aus Mangel an hinreichenden Nachrichten, habe ich über die bedeutende Production, welche sowohl in China, als auch in den übrigen Ländern des asiatischen Festlandes keine Zahlenangaben machen können. Auch wird das daselbst producirte Kupfer in den Ländern selbst verbraucht, und hat daher gar keinen Einfluß auf den Welthandel.

Vertheilung des producirten Kupfers zwischen den verschiedenen verbrauchenden Ländern. — Ich bin der Meinung, daß das producirte Kupfer auf die folgende Weise auf die verschiedenen Verbrauchsländer vertheilt werden müsse:

	Tonnen.
Großbritannien	10600
Frankreich	9200
Deutsche Zollvereins-Staaten	5400
Oesterreich	2600
Rußland	2000
Schweden und Norwegen	400
Andere europäische und am Mittelmeere liegende Staaten	6600
Amerikanisches Festland, besonders die Vereinigten Staaten	6100
Asiatisches Festland, Indischer Archipel und Oceanien	8300
Japan	1200
Summa:	52400

Vertheilung des producirten Kupfers auf die Länder, in denen Erze gewonnen werden. — Der Boden von Großbritannien producirt 15800 Tonnen Kupfer; das übrige wird aus ausländischen Erzen ausgebracht. Es tragen folgende Länder zu diesen Quantitäten bei:

Europa: Toskana, Norwegen rc.		400	Tonn.
Amerika: Insel Cuba	5100	10000	=
„ Chili	4500		
„ Peru, Columbien rc.	400		
Oceanien: Australien, Neuseeland		2400	=
	Summa:	12800	Tonn.

Die 41490 Tonnen Erz, welche im Jahr 1847, wie weiter unten nachgewiesen, nach England eingeführt wurden, kommen in folgenden Verhältnissen aus verschiedenen Gegenden der Erde:

		Tonnen.	Tonnen.
Amerika.	Insel Cuba	23831	34462
	Chili	9223	
	Peru	611	
	Antillen	595	
	Vereinigte Staaten	202	
Oceanien.	Südaustralien	5511	6503
	Neusüdwales	570	
	Neuseeland	284	
	Van Diemensland	138	
Verschiedene Länder.	Italien	207	525
	Andere Länder	317	
		Summa:	41490 Ton.

Es folgt aus den vorhergehenden Zahlen, daß die ungeheure Kupferausfuhr Englands im Wesentlichen auf der Zugutemachung von Erzen beruht, die es selbst aus dem Auslande erhält. Man findet daher in dem Kupfererz-Handel dieselbe commercielle Erscheinung wieder, welche sich in demselben Lande schon seit langen Jahren bei den Materialien zur Spinnerei und Weberei und bei dem Stahleisen gezeigt haben.

Das nach Frankreich eingeführte Erz kommt größtentheils von der Ostküste Amerika's, und erst seit 1846 sind bedeutende Erzmengen aus Algerien eingeführt.

Führt man die Kupferproduction auf die Länder zurück, in denen die Erze dazu gewonnen wurden, so erhält man annähernd die nachstehenden Zahlenverhältnisse:

	Tonnen.
Großbritannien	15800
Rußland (in Europa und Sibirien)	3900
Oesterreich	4500
Schweden und Norwegen	2200
Deutsche Zollvereins-Staaten	1500
Türkei (Europa und Kleinasien)	2000
Verschiedene europäische Staaten und das Becken des Mittelmeeres	1100
Das amerikanische Festland, besonders Chili und die Insel Cuba	16600
Oceanien, Australien, Neu-Seeland 2c.	2400
Japan	2400
Summa:	52400 Ton.

Zur vollständigen Lösung der Fragen, die weiter oben gestellt worden sind, muß man noch Folgendes berücksichtigen.

Entstehung und Fortschritte der Einführung von Kupfererzen nach England. — Die Zutemachung der aus fremden Ländern eingeführten Kupfererze in England ist nicht, wie die Verarbeitung der Faserstoffe und des Stahleisens, eine Industrie, die von Jahrhunderten herrührt. Erst seit 20 Jahren findet sie statt und erhielt erst im Jahre 1835 eine Wichtigkeit. Die folgende

Tabelle giebt alle gewünschten Nachrichten über den raschen Fortschritt dieses Gewerbes, und die rückgängige Bewegung, die sich seit dem Jahre 1844 zeigt.

Tabelle über die Einfuhr von Kupfererzen nach Großbritannien von 1826 bis 1847.

Jahre.	Gewichtsmengen der eingeführten Erze.	Annäherndes Gewicht des aus diesen Erzen dargestellten Kupfers	Bemerkungen.
	Tonnen.	Tonnen.	Der Metallgehalt der Kupfererze wird amtlich durch di: Proben bestimmt, deren Resultate jedoch stets unter dem wirklichen Ausbringen derselben Erze in den Schmelzhütten sind.
1825 . . .	0	0	Man hat angenommen, daß, zur Erlangung des wirklichen Ausbringens, man die von den Probirern angegebenen Resultate mit folgenden Coefficienten multipliciren müsse:
1826 . . .	65	14	Erze deren Gehalt nicht mehr als 0,15 beträgt 1,05
1827 . . .	33	7	Erze deren Gehalt 0,15 bis 0,20 beträgt 1.04
1828 . . .	335	74	Erze deren Gehalt mehr als 0,20 beträgt 1,01
1829 . . .	1.218	268	Von diesen Angaben ausgehend und unter Berücksichtigung verschiedener Bestimmungen über den Gehalt der verschiedenen Classen eingeführter Erze, hat man für den mittlern Gehalt der zu verschiedenen Zeiten jährlich eingeführten Erze folgende Werthe angenommen:
1830 . . .	1.437	316	Von 1826 bis 1839 . . . 0,220
1831 . . .	2.046	450	1840 bis 1842 . . . 0,225
1832 . . .	3.956	870	Im Jahre 1843 0,216
1833 . . .	5.937	1.306	1844 0,228
1834 . . .	6.987	1.537	1845 0,203
1835 . . .	13.945	3.068	1846 0,211
1836 . . .	18.419	4.052	1847 0,217
1837 . . .	19.996	4.399	
1838 . . .	27.067	5.955	
1839 . . .	30.196	6.643	
1840 . . .	42.249	9.506	
1841 . . .	48.685	10.954	
1842 . . .	50.080	11.268	
1843 . . .	54.371	11.744	
1844 . . .	58.591	13.359	
1845 . . .	56.679	11.506	
1846 . . .	51.624	10.893	
1847 . . .	41.490	9.009	

Eine geringe Menge von den auf diese Weise eingeführten Kupfererzen wurde vorher an den Gewinnungsorten verschmolzen, jedoch unter für die Gruben weit ungünstigeren Umständen, als es zu Swansea der Fall ist. Es gehören hierher hauptsächlich einige chilesische Erze; allein die in den letzten 12 Jahren eingeführten Erzen sind hauptsächlich in Gruben gewonnen, die vorher noch gar nicht im Betriebe gewesen waren. Der seit 20 Jahren von englischen Kaufleuten und von den Waleser Hüttenbesitzern geschaffene Handel ist daher nicht etwa eine bloße Veränderung einer ältern Handelsstraße für das Kupfer. Sie hat die Entstehung von Reichthümern veranlaßt, die bis dahin unbekannt, oder improductiv waren, und erhöht die jährliche Production eines für die Civilisation höchst unentbehrlichen Metalles um etwa $\frac{1}{4}$.

Es muß noch ganz besonders die Bemerkung hervorgehoben werden, daß eine so plötzliche und so bedeutende Umwälzung, von welcher die Geschichte

der Metallurgie des Kupfers kein anderes Beispiel darbietet, den Preis dieses Metalles durchaus nicht vermindert, ja nicht einmal eine Vergrößerung des englischen Kupfer-Bergbaues veranlaßt hat, obgleich dessen Rohproducte in unmittelbare Concurrenz mit den fremden Erzen auf dem Markte zu Swansea traten. Vergleicht man diesen Umstand mit einer entgegengesetzten Thatsache, mit dem Verkehre mit Manufacturwaaren, wobei jede bedeutende Steigerung der Fabrikation stets eine Preisverminderung veranlaßt, so begreift man, wie sehr jetzt der Aufschwung der Mineralindustrie für die Fortschritte der Civilisation von Wichtigkeit ist. Dieses stärkere Bedürfniß nach Metallen wird in der Folgezeit eine ganz neue Entwickelung des Bergbaues veranlassen, sowohl in Gegenden, in denen schon jetzt Erzlagerstätten im Abbau stehen, als auch hauptsächlich in solchen Gegenden, die bis jetzt den europäischen Gewerben noch nicht zugänglich waren.

Entstehung und Fortschritte des Kupferbergbaues in England. — Der Kupferbergbau in Cornwall hat wahrscheinlich in sehr frühen Zeiten seinen Anfang genommen; jedoch hat er weder zur Zeit der Römer, noch in den 17 ersten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung, eine solche Wichtigkeit erlangt, wie der Zinnbergbau, der seit undenklichen Zeiten in demselben Lande betrieben wird. Lange Zeiten hindurch wurden nur solche Kupfererze verschmolzen, die zufällig auf den Zinnerz-Gängen vorkamen; man ließ auch gewisse Kupfererze von großem Reichthum unberücksichtigt, wie es die Auffindung ähnlicher Erze im letzten Jahrhundert auf alten Halden und in dem Berg-Versatz der abgebaueten Theile der Gänge beweisen. Das Cornwalliser Kupfer blieb im 12. bis 17. Jahrhundert im Handel unbekannt, zu einer Zeit, wo das Kupfer des Harzes, Mannsfelds, Schwedens, Ungarns u. s. w. auf die Weltmärkte, und namentlich auch nach London gelangte. Erst am Ende des 17. Jahrhunderts wurde die Aufmerksamkeit der Cornwalliser Bergleute auf die Kupferlagerstätten ihres Vaterlandes gerichtet. Seit den ersten Jahren des 18. Jahrhunderts machte die Kupferproduction bedeutende Fortschritte; im Jahre 1717 münzte man die englische Scheidemünze zuerst aus Cornwalliser Kupfer. 1726 überstieg die jährliche Production bereits 1000 Tonnen, und seit jener Zeit bis jetzt ist sie stets im Steigen geblieben. Von 1770 bis 1790 vermehrten die reichen Gruben auf der Insel Anglesea und in Staffordshire ganz plötzlich die Kupferproduction des vereinigten Königreichs um 3000 Tonnen und brachten augenblicklich in dem Kupferhandel eine solche Störung hervor, die den genannten Gruben noch weit nachtheiliger war, als denen in Cornwallis. Jedoch blieben diese letzteren nicht zurück, sie dehnten sich immer mehr aus, und es hat auch kein Stillstand stattgefunden, weder durch die Aufnahme der Gruben auf Anglesea, noch durch die Fortschritte des Kupfer-Bergbaues in Irland, oder in Nord-Wales, und eben so wenig endlich durch die Einführung der ungeheuren Menge fremder Erze, wie wir weiter oben näher nachgewiesen haben.

Seit dem 16. Jahrhundert wurden einige Cornwalliser Kupfererze über's Meer nach den Hütten geführt, welche auf den Steinkohlenbecken in Wales und in der Grafschaft Somerset errichtet worden waren, um daselbst zu Gute gemacht zu werden. Im Jahre 1765, in welchem der rühmlichst bekannte französische Metallurg G. Jars diesen Theil von England besuchte, lagen die hauptsächlichsten Kupferhütten in der Nähe von Bristol, und andere waren im Fürstenthum Wales im Betriebe. In Cornwallis existirte nur eine einzige Schmelzhütte, zu Hayle auf der Nordwest-Küste der Halbinsel, die bis ganz neuerlich noch vorhanden war, indem ich im Jahre 1842 dort alle Anzeichen

eines kürzlich verlassenen Hüttenbetriebes fand. So viel ich weiß, befinden sich in dem Werke von Jars die ältesten Angaben über die Methode, welche in dem letzten Jahrhundert zur Zugutemachung der Kupfererze in Cornwallis befolgt wurde. Ich folgere aus den unglücklicher Weise unvollkommenen Angaben dieses Autoren, daß die charakteristischen Puncte der jetzigen Waleser Methode, die Röstung der Erze, das Schmelzen mit Schlacken auf bronzefarbenen Stein, das Wiederdurchsetzen der Schlacken, das Rösten des Steins, das Gaarmachen des Kupfers u. s. w., schon damals existirten. Die Unterschiede bestanden hauptsächlich in dem Gewicht der bei jedem Prozeß verarbeiteten Materialien, eine Gewichtsmenge, die im Allgemeinen geringer war als jetzt. Wenn man nun berücksichtigt, welche lange Reihe von Versuchen die Praxis dieser so verwickelten Methode erforderte, einer Methode, die so sehr von denjenigen abweicht, die in andern classischen Gegenden für den Hüttenbetrieb im Gange sind, so erscheint es uns wahrscheinlich, daß die ersten Rudimente dieses Betriebes schon in den Schmelzhütten in Wales gebräuchlich waren, welche nach der Angabe älterer Autoren über den Cornwalliser Bergbau bereits am Ende des 16. Jahrhunderts vorhanden waren.

Die Erzversteigerungen', mittelst des sogenannten ticketing gehen mindestens bis zum Jahre 1726 hinauf: die Resultate dieser Versteigerungen, die in verschiedenen Documenten vorkommen, geben vortreffliche Nachrichten über die Fortschritte des Kupferbergbaues. Jedoch hält es schwer, daraus die genaue Kupferproduction zu verschiedenen Epochen abzuleiten [1]). Diese Untersuchung ist weit schwieriger noch für die Production in andern Theilen des vereinigten Königreichs. Ich darf annehmen, daß die folgende Tabelle Resultate giebt, die der Wahrheit sehr nahe kommen. Ich habe zu ihrer Aufstellung die besten persönlichen und schriftlichen Quellen benutzen können [2]).

---

[1]) Das ganze Gewicht der durch ticketing verkauften Erze, so wie es seit länger als einem Jahrhundert durch die Zeitungen bekannt gemacht wird, ist aus mehrfachen Gründen unrichtig: die Angaben der verkauften Mengen sind oft sehr nachlässig gemacht, und sie schließen auch alle Erzverkäufe aus, die durch Uebereinkunft abgeschlossen worden sind. Dieser erste Irrthum zieht noch einen andern bei der Abschätzung des Kupfergehaltes der Erze nach sich; diese Abschätzung, welche auf Proben begründet ist, die noch jetzt unzulänglich sind, veranlaßt sowohl in Beziehung auf die angewendete Methode, als auch in Beziehung auf den Kupfergehalt der Erze, bedeutende Irrthümer. (Siehe Abschn. XIV.)

[2]) Die historischen Bemerkungen, die ich in diesen Abschn. über den Kupferbergbau und das Kupfer-Hüttenwesen gemacht habe, sind theils die Früchte sehr wohlwollender Meinung, die mir von gut unterrichteten Bergwerks- und Hüttenbesitzern und Beamten gemacht worden sind, theils benutzte ich die folgenden trefflichen gedruckten Quellen: Survey of Cornwall, by R. Carew; the Natural history of Cornwall, by the rev. W. Borlase; Mineralogia Cornubiensis, by W. Price; Transactions of the Geological society of Cornwall, vol. I à V.; Geological report on Cornwall, Devon and West-Somerset, by Henry T. de la Bèche; Mining Journal, etc.

Tabelle über die jährliche Production der Kupfergruben im vereinigten Königreiche, 1726 bis 1847.

Jahre	Gruben in Cornwall u. Devon. Erze.	Gruben in Cornwall u. Devon. Kupfer	Andere Gruben — Kupfer.	Kupfer. — Summa.
	Tonnen.	Tonnen.	Tonnen.	Tonnen.
1726 — 1735.	7.246	1.032	—	1.032
1736 — 1745.	8.444	1.342	—	1.342
1746 — 1755.	10.999	1.756	—	1.756
1756 — 1765.	18.976	2.805	—	2.805
1766 — 1770.	29.560	3.626	—	3.626
1771 — 1780.	31.473	4.019	2.500	6.519
1781 — 1790.	38.390	4.903	3.200	8.103
1791 — 1800.	53.711	5.995	2.000	7.995
1801 — 1805.	70.360	6.891	800	7.691
1806 — 1810.	81.967	8.252	700	8.952
1811 — 1815.	90.705	9.050	800	9.850
1816 — 1820.	95.899	8.701	970	9.671
1821 — 1825.	110.613	10.647	1.220	11.867
1826	133.727	11.495	1.450	12.945
1827	143.512	12.908	1.500	14.408
1828	145.560	12.388	1.770	14.158
1829	139.418	12.079	1.910	13.989
1830	150.876	11.904	1.840	13.744
1831	162.274	14.781	1.950	16.731
1832	153.419	13.671	2.120	15.791
1833	153.077	13.727	1.760	15.487
1834	159.881	13.787	2.280	16.067
1835	171.393	15.144	2.350	17.494
1836	158.403	14.486	2.180	16.666
1837	158.743	13.548	2.400	15.948
1838	166.124	14.175	2.610	16.785
1839	172.190	14.808	3.200	18.008
1840	160.763	12.539	2.970	15.509
1841	159.884	12.471	3.860	16.331
1842	166.746	13.340	3.300	16.640
1843	166.181	12.963	3.000	15.963
1844	171.598	13.213	2.800	16.013
1845	175.837	13.715	2.670	16.385
1846	162.693	12.484	2.300	14.784
1847	152.615	11.900	2.000	13.900

Eingangssteuer, die in England von den fremden Erzen, nach dem Gesetz vom 5. Juli 1825, erhoben wird. — Der blühende Zustand, in welchem sich seit 17 Jahrhunderten die Cornwalliser Bergwerke, neben einer bedeutenden Einfuhr von fremden Erzen, befunden haben, erklärt sich theilweise durch den Schutz, den der Zoll diesem Gewerbszweige gewährt worden ist, den viele Personen vertheidigen und an welchen so bedeutende Interessen geknüpft sind. Die Kaufleute, welche die erste Idee hatten, aus Amerika Schiffsladungen von Kupfererzen einzuführen, wurden an ihren Speculationen durch das Zollgesetz von 5. Juli 1825 an ihren Speculationen als gehindert [1]). Diese Schwierigkeit wurde durch ein Gesetz vom 2. Juli 1827 gehoben, nach welchem es gestattet ist, fremde Erze gewissermaßen als entrepôt zu verschmelzen. Diese Erze wurden amtlich probirt und dann an die Hütten abgeliefert, die gehalten waren, in einer gegebenen Zeit so viel Kupfer wieder auszuführen, als die Proben angegeben hatten, oder wenn dies nicht geschähe, die Steuer zu bezahlen. Ein späteres Gesetz vom 12. Septemb. 1834 gestattete auch die Einfuhr von gerösteten Erzen und von Kupferstein unter denselben Bedingungen. Unter dieser exceptionellen Gesetzgebung von den Jahren 1826 bis 1842 stieg die jährliche Kupferproduction aus fremden Erzen bis auf 11 oder 12000 Tonnen, d. h. auf eine ebenso bedeutende Menge, als die Production aus Cornwalliser Erzen. Dieses rasche Emporkommen eines ganz neuen Industriezweiges veranlaßte jedoch rivalisirende Interessen: Einerseits waren es die Hüttenbesitzer von Swansea, welche dabei interessirt waren, fremde Erze zu verschmelzen, und das daraus dargestellte Kupfer unter den besten Bedingungen verkaufen zu können. Andererseits waren es die Bergwerkbesitzer in Cornwallis, welche wegen der Folgen, die die Einfuhr so großer Mengen fremder Erze haben könnten, in eine lebhafte Unruhe geriethen. Es wurden Versammlungen gehalten, in denen die Sache lebhaft besprochen wurde, so wie sie auch der Gegenstand der Tagspresse und von Verhandlungen vor dem Parlament wurde. Die Personen, welche ein Interesse dabei hatten, die in Kraft stehenden Gesetze verändert zu sehen, wandten ein, daß die Hüttenbesitzer zu Swansea verhindert seien, das aus fremden Erzen dargestellte Kupfer auf die britischen Märkte zu bringen, sondern daß sie sie ausschließlich ausführen müßten, und daß sie dadurch in ihren Handelsoperationen sehr gehindert würden. Es wurde ferner bemerkt, daß diese Hüttenbesitzer, da gar keine äußere Concurrenz stattfände, und sie den Ankaufspreis für die fremden Erze nach dem Verkaufspreis des daraus dargestellten Kupfers regulirten, sich ganz natürlich veranlaßt sähen, die Kupferpreise auf fremden Märkten niedriger zu halten als auf den englischen. Sie setzten endlich hinzu, daß die zahlreichen Gewerbszweige, welche das Kupfer verarbeiten, auf dem Continent und namentlich in Frankreich unter weit günstigeren Umständen sich befänden, als in dem Lande selbst, wo dieses Material fabricirt würde.

Gesetz vom 9. Juli 1842. — In Folge dieser langwierigen Erörterungen, entschied sich die englische Regierung dahin, den bisherigen Zustand der

---

[1]) Der Tarif der Eingangssteuern für Kupfererze hatte früher folgende Veränderungen erfahren:

Eingangssteuern auf eine Tonne Kupfererz.

		L.	Sch.	D.
Gesetz vom 10 Juni 1809	. . .	0 L.	13 Sch.	4 D.
„ „ 9 Juli 1812	. .	20 „	13 „	4 „
„ „ 2 Juli 1819	. . .	21 „	0 „	0 „
„ „ 5. Juli 1825	. . .	12 „	0 „	0 „

Dinge zu verändern. Das Gesetz vom 9. Juli 1842 entschied sich dahin, einestheils, daß die Hütten ganz frei über das Kupfer jeglichen Ursprunges disponiren könnten, anderntheils, daß die fremden Erze, ehe sie in die Hütten gelangten, eine Abgabe bezahlen müßten, die nach dem von der Probe nachgewiesenen Kupfergehalt, und von der Tonne Kupfer entrichtet wird. Es ist diese Abgabe folgendermaßen tarifirt:

	Abgabe auf 1 Tonne.	
Erze, welche in 1,00 Theilen nur 0,15 Kupfer enthalten .	3 L.	0 Sch.
Erze, welche nicht mehr als 0,20 Kupfer in 1,00 Erz enthalten	4 „	10 „
Erze, welche mehr als 0,20 Kupfer in 1,00 Erze enthalten .	6 „	0 „

Durch dasselbe Gesetz wurde auch die Eingangssteuer auf eine Tonne Kupfer zu 8 L. 15 Sch. bestimmt.

Der mittlere Gehalt aller fremden Erze beträgt etwa 20 Proc.; das Kupfer wird daher größtentheils mit der höchsten Eingangssteuer von 6 L. St. eingeführt, welches ohngefähr 5% von dem Handelswerth des Kupfers ausmacht, eine ungeheure Abgabe auf ein Metall, welches einen bedeutenden Theil von allen Münzsystemen bildet, und daher nicht so großen Veränderungen des Werthes unterworfen ist, als die gewöhnlicheren Metalle! Der neue Tarif fährt daher fort, den Cornwalliser Bergwerken einen sehr wirksamen Schutz zu gewähren; er hat die britischen Märkte allem in Wales producirten Kupfer eröffnet, und er gewährt folglich den Hütten einen leichten Verkauf ihrer Producte, welches bis dahin der Fall nicht war. Der Kupferpreis auf den fremden Märkten im Vergleich zu dem auf dem britischen, ist ebenfalls um eine Größe erhöht, welche den Zinsenverlust und die Kosten, welche jede Art von Transport verursachen, wieder ausgleicht. Die britischen Hütten, welche Kupfer produciren, haben seitdem durch den Ankauf der Materialien den Vortheil gefunden, der aus ihrem nahen Vorhandensein bei dem Orte der Production entsteht; und die Staatkassen endlich erlangten durch diese Einrichtung eine neue Einnahmequelle, die im Jahre 1845 75200 L. St. betrug.

Diese Veränderung des englischen Tarifs vervollständigt die gedrängte Geschichte des Kupfer-Hüttenwesens in Britannien, und führt ganz natürlich auf die Fragen, die beim Beginn dieses Abschn. aufgeworfen wurden.

Der jetzige Tarif hat das Uebergewicht, welches die Waleser Kupferhütten bis jetzt ausübten, vermindert. — Im natürlichen Verlauf der Dinge hat die Provinz Wales, in Beziehung auf die Zugutemachung der Kupfererze, ein entschiedenes Uebergewicht über alle andern Theile der europäischen Küsten. Es ist jedoch dieser Vortheil durch den Tarif von 1842 bedeutend vermindert worden. Dieser Tarif, welcher in den ersten 5 Jahren der englischen Regierung gestattete, den amerikanischen Gruben, in denen die zu Swansea verschmolzenen Erze hauptsächlich gewonnen werden, so wie auch den verschiedenen Ländern, welche das aus diesen Erzen erzeugte Kupfer verbrauchen, eine directe Steuer von 9 Mill. Franken aufzulegen, dieser Tarif, sage ich, begünstigt die Kupferhütten, welche außerhalb Englands angelegt werden können, um eine Größe, deren Wichtigkeit aus der obigen Steuer abgeleitet werden kann.

Die Gegenden, welche am passendsten zur Anlage einer Kupferhütte, sind diejenigen, welche wohlfeile Brennmaterialien und eine solche Lage haben, daß der Erz- und Kupfertransport nur geringe Kosten verursachen. In Frankreich scheinen mir die zweckmäßigsten Localitäten die folgenden zu sein: Die Rhonemündung in der Nähe des Steinkohlenbeckens des Gard; die Mündung der Gironde, da wo die Steinkohlen des Aveyron durch den Lot verschifft werden

könnten; das Küstenland der Vendée, welches durch einen sehr kurzen Canal mit dem Steinkohlenbecken von Vouvant in Verbindung gesetzt werden könnte.

Localitäten an den französischen Küsten, die am günstigsten zur Anlage von Kupferhütten sind. — Um die Bedingungen des Erfolgs einer Hütte kennen zu lernen, die an irgend einem Punct der französischen Küsten angelegt werden soll, ist es hinreichend, die ökonomischen Verhältnisse einer solchen Hütte mit der zu vergleichen, die wir im Verlaufe des Werks genau beschrieben haben. Bei einer solchen Vergleichung erscheint es mir zweckmäßig, die wesentlichen Verschiedenheiten unberücksichtigt zu lassen, welche die Arbeitslöhne in Frankreich und in England betreffen. Eine Zeit lang würden die Vortheile, welche eine neue Hüttenanlage von den niedrigen Preisen der Lebensmittel hätte, indem darnach die Löhne der Arbeiter bestimmt werden können, durch die weit geringere Uebung der Arbeiter, von denen der größte Theil erst herangebildet werden muß, ausgeglichen werden. Es scheint mir daher, daß man alle Elemente der speciellen Hüttenkosten als gleiche annehmen kann, mit Ausnahme der Brennmaterialien-Preise, welche an keinem Puncte der französischen oder der europäischen Küsten überall, so gering sein können, als in England. Der Preisunterschied des Brennmaterials ist daher der einzige Punct, welcher bei dieser allgemeinen Vergleichung zu berücksichtigen ist.

Bei dem Mangel eines gehörig organisirten Handels ist es unmöglich, irgend ein Anhalten zu finden, unter welchen Bedingungen die Kupfererze von fremden Gruben nach der neuen Hütte transportirt werden können; wir müssen daher auch dieses Element bei der vorliegenden Vergleichung unberücksichtigt lassen.

Wenn die neue Hütte mit den Waleser, wegen Versorgung neutraler Märkte, nicht in Concurrenz treten will, und wenn sie zuvörderst nur das zum örtlichen Verbrauch nothwendige Kupfer zu fabriciren beabsichtigt, so ist es ganz klar, daß sie als Prämie zur Aufmunterung keine von den Zinsenverlusten und von den verschiedenartigen Kosten haben wird, welche die Waleser Hütten tragen müssen, um ihre Producte auf verschiedene fremde Märkte zu bringen. In dieser Beziehung würde eine Kupferhütte an den Küsten des Mittelmeeres ganz offenbar weit größere Vortheile haben, als eine an den Küsten des Canals oder des atlantischen Oceans angelegte.

Von allen zweckmäßigen Puncten scheint das östliche Ufer der Rhonemündungen die günstigsten Bedingungen für einen wichtigen Centralpunct einer Kupferhütten-Industrie darzubieten. In den Händen eines Volkes, welches besser zu industriellen Unternehmungen vorbereitet sein würde, könnte diese Localität für das mittelländische Becken dieselbe Wichtigkeit erlangen, wie Swansea schon seit einem halben Jahrhundert für das irländische Meer und seit 20 Jahren für beide Oceane erlangt hat.

Besondere Vortheile, welche das Becken von Caronte, an den Rhonemündungen, darbietet. — Wirft man die Augen auf die Carte der provenzalischen Küste in der Nähe der Hauptmündung von der Rhone, wo ein Golf vollkommenen Schutz gegen alle Winde gewährt, der sich von Osten nach Westen auf eine Länge von 6 Kilometer und auf eine mittlere Breite von einem Kilometer ausdehnt. Der Eingang ist jetzt für große Schiffe zugänglich, und Arbeiten, die nur geringe Kosten veranlassen könnten, würden eine Ladung an fast allen Puncten der Küste möglich machen. Fast überall kann man hier mit geringen Kosten leicht zugängliche Landungspuncte schaffen. Hütten, die zuvörderst auf einem flachen Ufer angelegt würden, und die ihre Schlacken zur Auf-

schüttung benutzten, könnten an Puncten, die jetzt der Ueberschwemmung ausgesetzt sind, Plätze finden, die allen Anforderungen einer künftigen Ausdehnung entsprechen. Die Wassertiefe läßt sich in der Nähe solcher Dämme leicht vermehren; zu jeder Zeit und ohne Hülfe der Ebbe und Fluth könnten Schiffe aus den entferntesten Gegenden zu jeder Zeit landen. Eine solche Localität würde noch weit günstiger als wie die in der Nähe von Swansea sein. Dieser schöne Golf, den man im Lande unter dem Namen des Teiches (étang) von Caronte kennt, ist an seinen beiden Enden offen. Westwärts endigt er an den Küsten des Mittelmeers mit zwei sich einander gegenüberstehenden Vorgebirgen, auf denen der Hafen und der Thurm von Bouc angelegt sind. An seinem östlichen Ende steht er mit einem ungeheuren Binnensee in Verbindung, der 160 Quadrat-Kilometer groß ist und der Teich von Berre genannt wird. Der See wird überhaupt eine schöne Zukunft haben, und das hier entwickelte Project würde ganz außerordentlich viel zu der Blüthe jenes Theils von dem Lande beitragen.

In den letzten Zeiten hat die Kunst die natürlichen Vorzüge des Beckens Caronte ganz eigenthümlich erhöhet; eine schiffbare Straße von großer Breite und Tiefe, der Canal von Arles nach Bouc, setzt es in die directe Verbindung mit demjenigen Theil der Rhone, der regelmäßig schiffbar ist, wodurch die Schiffsladungen allen den Nachtheilen entzogen werden, welche die Unregelmäßigkeit der Rhonemündungen veranlassen. Die Fortschritte der Dampfschifffahrt haben seit 20 Jahren die Frachtkosten vermindert und die Geschwindigkeit des Transports zwischen Lyon und Arles gesteigert. Endlich hat die Anlage der Eisenbahn von Alais nach Beaucaire die untere Rhone mit dem reichsten Steinkohlenbecken im südlichen Europa in Verbindung gesetzt. Man kann jetzt die in Alais verkäuflichen Steinkohlen in dem Becken von Caronte zu 20 Fr. die Tonne kaufen, d. h. zu einem weit geringern Preise, als an irgend einem andern Puncte der Küsten des mittelländischen oder des schwarzen Meeres. Wenn das Becken von Alais mit der Energie und dem Fleiß des englischen Bergbaues abgebauet würde, so würde man sehr leicht ein noch wohlfeileres Brennmaterial kaufen können, d. h. Steinkohlen von gehöriger Qualität für die Eisenfabrikation zu 18 Fr. die Tonne; magere und trockene Staubkohlen aber von geringerer Güte, jedoch hinlänglich zu den meisten Hüttenarbeiten, würde man sogar für 14 Fr. kaufen können.

Kurz, das Uebergewicht des Beckens von Caronte scheint mir auf folgenden Gründen zu beruhen: Es ist der einzige Punct am Mittel- und am schwarzen Meer, der in der Nähe eines reichen Steinkohlenbeckens liegt; es ist auch der einzige Punct, wo man eine directe Verbindung mit den über das Meer eingeführten Erzen und den auf den Flüssen und Canälen herbeigeführten Steinkohlen, mit den Hütten herstellen könnte. Dieser Punct liegt an dem größten schiffbaren Strome des Mittelmeeres und in der Nähe einer Gegend, welche unter allen Küstenländern desselben Meeres die größte industrielle Entwickelung zeigt. Aus einem specielleren Gesichtspuncte betrachtet, von welchem ich bei diesen Untersuchungen ausgegangen bin, kann ich hinzusetzen, daß die von der Rhone durchströmten, so wie am Mittelmeere liegenden französischen Departements jährlich etwa 3000 Tonnen Kupfer verbrauchen.

Nimmt man an, daß, bei dem jetzigen Zustande des Steinkohlenbergbaues im Becken von Alais, man nicht wie in Wales, eine hinreichende Menge von Staubkohlen, die zu sonst keinem gewerblichen Zwecke verwendet werden können, zu einem verminderten Preise bekommen könnte; daß folglich die projectirte Hütte genöthigt sein würde, Steinkohlen zu dem Preise von 20 Fr. die Tonne

anzukaufen, so ließen sich die Productionskosten auf jede Tonne Kupfererz, welches wie in Wales einen mittlern Gehalt von 0,133 haben soll, auf folgende Weise feststellen. Ich nehme dabei an, daß die Kosten im südlichen Frankreich dieselben seien wie in Wales, um die Concurrenz ins Licht stellen zu können, welche eine Schmelzhütte im Becken von Caronte ertragen kann.

Vergleichung der Productionskosten einer Waleser und einer Kupferhütte im Becken von Caronte im Departement der Rhonemündungen, auf eine Tonne Erz mit einem Kupfergehalt 0,133.

Arten der Ausgaben.	Wales.	Caronte-Becken.
Erztransport von dem Gewinnungsort bis zur Schmelzhütte	Schill. Unbekannt.	Schill. Unbekannt.
Eingangssteuer für die Erze (a)	15,00	0,12
Specielle Hüttenkosten an beiden Orten (b) . .	13,17	13,17
Mehrkosten, welche die Hütte im Carontebecken v. dem höhern Preise des Brennmaterials hat. (c)	—	16,72
Generalkosten, welche in beiderlei Hütten gleich sind (d)	6,13	6,13
Zinsen von den Betriebskosten (e)	4,29	5,35
Transport und Verkauf des Kupfers, gemeinschaftliche Kosten (f)	7,50	7,50
Desgleichen, Mehrkosten, welche die Waleser Hütten wegen der größeren Entfernung vom Markte haben	11,52	—
Steuern von dem importirten Kupfer (g) . . .	2,34	—
Ertrag der Hütte	6,13	6,13
Summa	66,08	55,12
Differenz zum Vortheil der Hütte im Carontebecken.	—	10,96

Bemerkungen zu der vorhergehenden Tabelle. — a) Da das Kupfer gewöhnlich als Erz mit einer Eingangssteuer von 6 L. St. auf die Tonne nach England eingeführt wird, so beträgt dieselbe bei einem Kupfergehalt von 0,133 (wovon jedoch die Probe des Steueramtes nur 0,125 angiebt) 15 Sch. auf die Tonne.

b) Man sehe Abschn. XIV.

c) Nimmt man an, daß die Tonne Steinkohlen in der Caronte-Hütte 20 Fr. oder 16 Sch. kostet, so beträgt der Ueberschuß zum Nachtheil dieser Gießerei 11,11 Sch. Nimmt man nun an, daß zur Zugutemachung von einer Tonne Erz 1,505 Tonnen Brennmaterial erforderlich sind, so beträgt dies eine Mehrausgabe von 16,72 Schill.

d) Man sehe Abschn. XIV.

e) Die Zinsen müssen in Frankreich $\frac{1}{5}$ höher angenommen werden, als in England, so daß man die Zinsen vom Betriebscapital von 4,29 Sch. auf 5,35 Sch. erhöhen muß. Da eine Schmelzhütte im Carontebecken nur den nöthigen Grund und Boden für eine Production von 3000 Tonnen zu erwerben hat, die sie ganz in der Nähe absetzt, so kann sie ihr Capital weit schneller umsetzen als die Waleser Hütte, die mit ihr auf diesem Markt in

Concurrenz treten will. Jedoch habe ich bei dieser Vergleichung diese Verschiedenheit des Capitals in Frankreich und in England unberücksichtigt gelassen, und habe dagegen die Waleser Schmelzhütte in dem Artikel f mit einigen Mehrkosten belastet.

f) Die einzige Belastung, welche beiden Schmelzhütten gemeinschaftlich bleibt, ist der Rabatt von 3 Proc., welche der Käufer gegen den laufenden Preis erhalten. Bei einem Verkaufspreise von 95,6 L. St. für die Tonne Kupfer beträgt dieser Rabatt, wie in Absch. XIV näher aus einander gesetzt worden ist, 2,87 L. St. auf die Tonne Kupfer oder 7,50 Sch. auf die Tonne Erz. Bei einem unmittelbaren Absatz an locale Consumenten braucht die Hütte im Caronte-Becken diesen Rabatt nicht zu gewähren, während die Waleser Hütte für die entfernten Märkte ohne denselben nichts verkaufen kann. Uebrigens nehme ich an, daß der Transport des Kupfers an die Küstenpuncte des Mittelmeeres 25 Sch. Kosten pro Tonne mehr veranlaßt als der Transport nach Liverpool, London und Havre.

Wollen daher die Waleser Hütten die Märkte des mittelländischen Meeres beschicken, so haben sie auf die Tonne Kupfer folgende Mehrkosten:

Commissionsgebühren und Credit	1,91 L. St.
Transportkosten zu den Märkten (am Canal oder am irländischen Meer), Assecuranz, Magazinkosten ꝛc. (Abschn. XIV.) . . .	1,22 „
Mehrkosten für den Transport auf die Märkte des mittelländischen Meeres	1,20 „
Summa:	4,33 L. St.

Dies beträgt auf die Tonne Erz 11,52 Sch.

g) Das Kupfer bezahlt in Frankreich einen Eingangszoll von 22 Fr. oder 17,50 Schill. auf die Tonne, sowohl die französischen, als auch die englischen Schiffe, welches auf die Tonne Erz 2,34 Sch. beträgt.

Bei einer jährlichen Production von 3000 Tonnen Kupfer, welches 22600 Tonnen Erz gleich kommt, veranlaßt diese Differenz für die Hütte im Carontebecken eine jährliche Summe von 248000 Sch. oder 310000 Fr.

Nehmen wir aber als Ausgangspunct dieser Berechnungen ein Erz an, welches denselben Gehalt hat, wie die sämmtlichen zu Swansea verschmolzenen Erze, so muß man die Vergleichung mit einem Erz von einem mittleren Gehalt von 0,221 anstellen, und alsdann gelangt man zu noch weit günstigeren Resultaten für eine im Carontebecken anzulegende Kupferhütte. Der Brennmaterialverbrauch, welcher das nachtheilige Element für die französische Hütte bildet, nimmt nicht zu [1]), während auch die Mehrkosten, welche der Waleser Schmelzhütte zur Last fallen, gänzlich im Verhältniß zu diesem Gehalt stehen. Das Resultat dieser Vergleichung ist in der folgenden Tabelle aufgeführt:

---

[1]) Die Zugutemachung einer Tonne Kupferkies, mit einem mittleren Kupfergehalt von 0,221 (dritte Erzklasse), erfordert nach den Angaben dieses Werkes folgende Brennmaterialmengen:

Vergleichung der Hüttenkosten einer Kupferhütte in Wales und im Carontebecken, auf eine Tonne Erz mit 0,221 Kupfergehalt.

Arten der Ausgaben.	Wales.	Carontebecken.
Erztransport von dem Gewinnungsort bis zur Schmelzhütte	Schill. Unbekannt.	Schill. Unbekannt.
Eingangssteuern für die Erze	26,52	0,12
Specielle Hüttenkosten an beiden Orten	13,03	13,03
Mehrkosten, welche die Hütten im Carontebecken von dem höhern Preise des Brennmaterials hat.	—	17,12
Generalkosten, welche in beiderlei Hütten gleich sind.	6,13	6,13
Zinsen von den Betriebskosten	6,73	8,08
Transport und Verkauf des Kupfers; gemeinschaftliche Kosten	12,69	12,69
Desgleichen Mehrkosten, welche die Waleser Hütten wegen der größeren Entfernung vom Markte haben	19,14	—
Steuern von dem importirten Kupfer	3,87	—
Ertrag der Hütte	10,38	10,38
Summa	98,49	67,55
Differenz zum Vortheil der Hütte im Carontebecken.	—	30,94

Die Bedingungen stellen sich daher weit günstiger, weil die in der vorhergehenden Tabelle angegebene Differenz bei einer jährlichen Production von 3000 Tonnen, die aus 13600 Tonnen Erz dargestellt werden, einen jährlichen Gewinn von 421000 Sch. oder 526000 Fr. geben. Es muß bemerkt werden, daß dieser Gewinn, der, bei dem jetzigen Zustande der Dinge, einer Hütte im Carontebecken zu Gute kommt, weit höher ist als die Eingangssteuer, womit jetzt in England die Einführung fremder Erze belastet ist. Die projectirte Hütte könnte demnach die Concurrenz mit den Waleser aushalten, wenn beide einerlei Erze zu Gute machen, selbst dann, wenn diese Eingangssteuer aufgehoben würde.

Die vorhergehende Vergleichung ist übrigens unter der Annahme der am wenig günstigen Umstände für französische Hütten gemacht werden. Sie berücksichtigt durchaus nicht mehrere Umstände, die nach einer gewissen Zeit der Uebung, die ökonomische Lage dieser Hütte verbessern müßte. Man muß jedoch annehmen, daß die arbeitende Bevölkerung, bei gehöriger Leitung, diese

---

	Gewicht.	Geldwerth. Schill.
Prozeß I	0,133	0,626
„ V	0,657	3,210
„ VI	0,071	0,343
„ VII	0,312	1,515
„ VIII	0,114	0,552
„ IX	0,157	0,779
„ X	0,094	0,463
	1,538	7,488

Dieser Verbrauch weicht sehr wenig von der 1,505 Tonnen ab, welche die Zugutemachung der Erze von nur 0,133 Gehalt erfordern.

Disciplin und diese praktische Geschicklichkeit, welche einen so großen Einfluß auf den Erfolg des Hüttenbetriebes haben, wie wir es in den Absch. III und IV näher nachwiesen, recht bald erlangen würden. Außerdem würden die Vortheile, welche aus der Menge und dem niedrigen Preise der Lebensmittel hervorgehen, ferner die Fruchtbarkeit des Bodens und die Milde des Climas, ebenfalls auf die Verminderung der Productionskosten einwirken. Andererseits würde auch die Ausdehnung des Steinkohlenbergbaues in dem Becken von Alais, einer Schmelzhütte im Becken von Caronte höchst wahrscheinlich so viel kleine Steinkohlen von geringer Beschaffenheit liefern können, indem die Grubenbesitzer froh sein würden, dieselben unter dem gewöhnlichen Verkaufspreise abzusetzen, und die für die Zugutemachung der Kupfererze ebenso vortheilhaft sein würden.[1]) Die Benutzung von Staubkohlen, für 14 Fr. die Tonne, würde die Mehrkosten, welche der höchste Preis der Brennmaterialien der Hütte von Caronte auferlegen könnte, um etwa die Hälfte vermindern.

In der Wirklichkeit können die Bedingungen des Erfolgs der projectirten Schmelzhütte durchaus nicht so genau bestimmt werden, als ich es hier gethan habe, um die Begriffe des Lesers festzuhalten. Techniker und Nationalökonomen, welche die Gewerbe, die Industrie genauer kennen, wissen, daß in ähnlichen Fällen der Erfolg einer Unternehmung sehr wesentlich von der Geschicklichkeit des Administrators abhängt, d. h. von einem Element, welches in der obigen Vergleichung wegbleiben mußte. Ich halte es für nothwendig, diese Wahrheit hier ganz besonders zu erwähnen, um Personen, die diesen Umstand aus Unkunde unberücksichtigt lassen, zu verhindern, daß sie meine Angaben nicht zu unbedingt benutzen.

Neues Verfahren bei der Zugutemachung der Kupfererze, welches im südlichen Frankreich angewendet werden müßte. — Um die Vergleichung zwischen beiden Gegenden zu vereinfachen, habe ich angenommen, daß in der einen sowohl als in der andern, derselbe Hüttenprozeß angewendet werden müßte; jedoch würde dies sicher der Fall nicht sein. Der höhere Preis des Brennmaterials, der geringere Preis der Arbeitslöhne, die weniger verschiedene Beschaffenheit der Erze ꝛc., müßte nothwendig den in Frankreich anzuwendenden Hüttenprozeß einem von denen nähern, die jetzt auf dem europäischen Festlande

---

[1]) So wie wir schon in Abschn. I bemerkt haben, verdanken die Kupferhütten in Wales ihren Fabrikationshaushalt, und folglich ihr Gedeihen, der Anwendung des staubförmigen Anthracits, der in jener Gegend gar nicht anders benutzt werden kann. In allen großen Steinkohlenbecken Englands giebt es ausgedehnte Gewerbszweige, wie Glashütten, chemische Fabriken, Poteriefabriken aller Art u. s. w., die ausschließlich auf die Benutzung der magern oder trockenen Staubkohlen begründet sind, welche ehemals die Gruben nur in Verlegenheit brachten, und die man nur durch ein ganz nutzloses Verbrennen fortschaffen konnte. Sehr wahrscheinlich ist es, daß eine solche Anhäufung von Brennmaterialien geringen Werthes einst in dem Becken von Alais stattfinden wird, indem dasselbe sehr viel trockne oder erdige, sogenannte Sandkohlen enthält, die bei der Gewinnung ein bedeutendes Verhältniß geben Es läßt sich unsere Behauptung durch die folgende Steigerung der Steinkohlenproduction seit 14 Jahren beweisen:

	Tonnen.		Tonnen.
1833	63,900	1840	185,600
1834	73,400	1841	263,818
1835	46,300	1842	292,139
1836	64,400	1343	335,620
1837	102,400	1844	369,699
1838	126,800	1845	415,900
1839	149,900	1846	421,377

angewendet werden. Der Brennmaterialien=Aufwand würde dabei geringer sein, als bei der Waleser Methode, und es würde dadurch eine entsprechende Verminderung der weiter oben berechneten Hüttenkosten stattfinden. So müßte man unter andern den Versuch machen, die Zugutemachung der Kupfererze auf dem nassen Wege anzuwenden, die jetzt an einigen Puncten so gute Resultate gegeben hat; und ich kenne in Europa keine Gegend, wo dies mit so gutem Erfolge geschehen könnte, als wie an den Rhonemündungen. Sicilien, die Hauptquelle des Schwefels, liegt nicht fern, so daß man dieses Material zur Fabrikation aller Säuren, zu niedrigeren Preisen beziehen könnte, als in allen übrigen Gewerbsgegenden. Der Teich von Berre, der in der Nähe des Beckens von Caronte liegt, könnte zu sehr niedrigen Preisen das Seesalz liefern, welches jetzt das Hauptelement für die Fabrikation aller Alkalien ist. Seit langer Zeit besitzen übrigens die Rhonemündungen bedeutende Fabriken von Soda, Säuren und von Seife, und man weiß, daß bei diesen Fabrikzweigen sehr viel saure, alkalinische und geschwefelte Substanzen abfallen, die zur Gewinnung mehrerer Metalle benutzt werden könnten. Es giebt daher kaum eine andere Gegend, in welcher die Brennmaterialien so gut durch chemische Reagentien zur Zugutemachung der Erze ersetzt werden können. Die Lösung der Aufgabe, welche zum Gewinn des Beckens von dem Mittelmeere das Uebergewicht stören würde, welches jetzt immer mehr und mehr die an Brennmaterialien reichen Gegenden in den Hüttenwesen erlangen, ist sehr werth, die Aufmerksamkeit der französischen Chemiker zu erregen. Zwar geben die bis jetzt gemachten Versuche keine große Hoffnung, daß zur Darstellung der rohen Metalle, die chemischen Prozesse mit einiger Allgemeinheit die Fundamental=Prozesse der Metallurgie ersetzen könnten; allein selbst auch dann, wenn die fraglichen Untersuchungen keine anderen Resultate hätten, als unter den speciellen Bedingungen für das Carontebecken, ein wohlfeileres Verfahren zu geben, als alle die, welche bis jetzt angewendet worden sind, so würden die glücklichen Folgen für die Wohlfahrt des südlichen Frankreichs nicht ausbleiben.

Aufmunterung, welche der jetzige Absatz den in Frankreich anzulegenden Kupferhütten gewährt. — Die an den Rhonemündungen, oder an irgend einem andern Punct der französischen Küsten anzulegenden Kupferhütten würden stets vor den in andern Gegenden des Festlandes von Europa, einen entschiedenen Vortheil, den eines sehr bedeutenden, localen Absatzes haben. Frankreich nimmt, wie wir aus den oben angeführten Zahlen ersehen konnten, in Beziehung auf den Kupferverbrauch fast dieselbe hohe Stellung ein, wie England, und diese Suprematie, auf deren Ursachen wir hier nicht weiter einzugehen brauchen, findet sich in dem Handel aller übrigen Metalle, Eisen und Gold ausgenommen, wieder. Es muß hier bemerkt werden, daß es hauptsächlich Frankreich ist, in welchem die Metalle plötzlich in großen Massen durch eine neue Productionsquelle in den Verkehr kommen. Dies ist namentlich seit 20 Jahren mit dem Silber Südamerekas, mit dem Blei Spaniens, mit dem Zink Schlesiens und Belgiens, es ist auch mit dem Kupfer der Provinz Wales der Fall gewesen. Die merkwürdige Rolle, welche Frankreich in den Handelsverhältnissen spielt, wird in Beziehung auf das Kupfer durch die Zahlen der folgenden Tabelle nachgewiesen, die nach dem Eingangs=Steuerregister entworfen worden ist.

Einfuhr von Kupfer in Frankreich in den Jahren 1831 bis 1847.

Jahre.	England.	Rußland.	Schweden, Norwegen, Deutschland, Belgien 2c.	Türkei.	Mittelländ. Staaten, Schweiz, Oesterreich 2c.	Amerika	Verschiedene Länder.	Summa.
	1.	2.	3	4	5.	6	7.	8.
1831 . . .	980	1.100	340	130	210	170	150	3.080
. . . . . .	. . . .	. . . .	. . . . . .	. . .	. . . .	. . .	. . .	. . . .
1836 . . .	1.960	2.310	790	150	230	270	10	5.720
1837 . . .	2.800	1.340	290	540	30	660	—	5.660
1838 . . .	4.460	1.090	200	370	70	820	20	7.030
1839 . . .	3.980	670	220	500	180	870	10	6.430
1840 . . .	5.330	1.500	410	430	150	830	20	8.670
1841 . . .	6.830	820	430	450	130	750	—	9.410
1842 . . .	8.310	400	540	170	70	850	—	10.340
1843 . . .	5.570	210	320	250	30	490	20	7.890
1844 . . .	4.760	170	700	20	40	950	—	6.640
1845 . . .	7.100	460	1.460	10	70	1.470	10	9.580
1846 . . .	4.550	480	1.100	40	110	1.270	—	7.550
1847 . . .	3.838	559	1.543	114	195	1.529	2	7.780

Seit dem Jahre 1831, der Zeit der ersten Entwickelung der Kupfergewinnung in Amerika, hat Frankreich ungefähr $\frac{1}{6}$ von dem Kupfer erhalten, welches jene Bergwerke in den Handel gebracht haben, entweder unmittelbar oder mittelbar durch die Waleser Hütten. Vergleicht man diese Angaben mit denen, welche weiter oben mitgetheilt wurden, so findet man selbst, daß 1842 Frankreich ungefähr $\frac{3}{4}$ von dem Kupfer eingeführt hat, welches in Wales aus fremden Erzen producirt wurde. Man sieht leicht bei Betrachtung dieser Zahlen ein, wie günstig der bedeutende französische Bedarf der Anlage eigener Hütten sein würde.

Einfluß des Tarifes von 1842 auf den Verbrauch des englischen Kupfers in Frankreich. — Die Vergleichung dieser beiden Tabellen bringt eine ökonomische Thatsache ans Licht, die wir nicht übergehen dürfen; es ist der nachtheilige Einfluß, den der Tarif vom 9. Juli 1842 auf die Waleser Hütten und auf den Seehandel Englands ausgeübt hat. Unter dem Einfluß der älteren Gesetzgebung nahm die Zugutemachung der fremden Erze in Wales jedes Jahr einen neuen Aufschwung. England wurde immer mehr die Mittelsperson zwischen den Gruben, in denen die Erze gewonnen wurden, und den Kupferconsumenten, indem es sich alle Vortheile des Transports und der hüttenmännischen Zugutemachung aneignete. Die Fortschritte, die sich auch noch 1843 zeigten, ehe die Wirkung des neuen Tarifs den Rückschlag brachte, den selbst die entferntesten Bergwerke empfanden, zeigt deutlich genug, welchen Aufschwung das Gewerbe bei einem natürlichen Verlauf der Dinge hätte nehmen können. Das Sinken des Gewerbes seit 1843 ist noch viel bedeutender, als es die oben mitgetheilte Tabelle ausspricht; denn seit jener Zeit hat England in seinen Colonien in Australien und Neu-Seeland neue Fundorte des Erzes enthalten, die 2400 Tonnen Kupfer entsprechen, und welche zum Theil die Verminderung der amerikanischen Einfuhr verdecken. Dieser nachtheilige Einfluß des Tarifs von 1842 zeigt sich auch sehr deutlich in den Registern der französischen Zölle.

Seit 1842 hat sich die Einfuhr aus England etwa um die Hälfte vermindert, während die aus allen übrigen Kupfer erzeugenden Ländern zugenommen hat. Frankreich trat wiederum in die alten Handels-Verhältnisse mit Rußland, Schweden u. s. w., die von 1831 bis 1842 theilweise unterbrochen worden waren. Hauptsächlich sind es die directen Einfuhren aus Chili und aus andern amerikanischen Staaten, die Kupfer produciren, welche jetzt im Steigen begriffen sind, welches beweist, daß die Gruben dieser Gegenden, durch den englischen Tarif entmuthigt, ihre Erze an Ort und Stelle zu verschmelzen suchten, und das ausgebrachte Kupfer als Handelswaaren versenden. Endlich ist die freilich noch unbedeutende, aber rasch steigende Einfuhr amerikanischer Erze nach Frankreich ein anderes Zeichen von dem Schaden, den der englische Handel durch den Tarif von 1842 erlitten hat, so wie von der vortheilhaften Lage, in welche dadurch die Kupferhütten des Festlandes gekommen sind. Wir dürfen annehmen, daß diese Thatsachen die englische Regierung veranlassen werden, ihren Zolltarif zu verändern[1]). Aber auch unter dieser Voraussetzung wird es noch zweckmäßig sein, eine Kupferhütte im südlichen Frankreich anzulegen, sowohl um die günstige Lage am Becken des Mittelmeeres zu benutzen, als auch um die französischen Gewerbe immer unabhängiger von englischem Material zu machen.

Umstände, welche die Einfuhr fremder Erze nach Frankreich begünstigen. — Mit Geschicklichkeit unternommene und mit Ausdauer verfolgte Handelsoperationen, welche den Zweck haben, die Erze gegen französische Producte auszutauschen, können allein darüber entscheiden, bis zu welchem Punct die Küstenländer des Mittelmeeres verlangen können, aus dem großen Ocean Kupfererze für dieselben Frachtsätze zu erhalten, welche in den Häfen von Swansea, Liverpool und London bezahlt werden. Die gewöhnlichen Frachtsätze bestehen in 105 Sch. für die Erze aus Chili und in 45 Sch. für die Erze von der Insel Cuba; und es ist offenbar, daß eine Hütte im Carontebecken einen großen Aufschwung nehmen würde, wenn die französischen Schiffsrheder die Erze aus diesen beiden großen Quellen der Kupferproduction, unter denselben Bedingungen zurückführen könnten. Außerdem könnte diese Hütte, ohne irgend eine Concurrenz von Seiten der Waleser, die Erze einführen, welche am Littoral des Mittelmeeres, in Toskana, in Algier rc. gewonnen werden. Die einzigen Gruben in Toskana, deren Betrieb kaum älter als einige Jahre ist, haben zuweilen Erzmengen nach Swansea geschickt, die 2 bis 300 Tonnen Kupfer enthielten. Die Gruben der Mouzaïa in Algerien produciren und exportiren seit einigen Jahren bedeutende Erzmengen: 1847 betrug diese Production 2000 Tonnen mit 500 Tonnen Kupfer, und es scheint die Gewinnung noch im Steigen begriffen zu sein. Uebrigens scheinen die Bedingungen der Einfuhr von Erzen über den Ocean gar nicht so unvortheilhaft zu sein; denn obgleich die ganze Kupferproduction gar nicht organisirt ist, so erhält Frankreich dennoch jedes Jahr mehrere Hunderte von Tonnen, die so nebenbei in den großen Hütten zu Gute gemacht werden, in denen man das Kupfer verwalzt und anderweitig verarbeitet. Die Kupfererz-Mengen, die in den letzteren Jahren eingeführt worden sind, sowie das annähernde Gewicht des darin enthaltenen Kupfers sind in folgender Tabelle aufgeführt:

---

[1]) Die englische Regierung hat am 22. April 1848 dem Parlament eine Bill vorgelegt, deren Zweck es ist, die jetzige Eingangssteuer auf Kupfererze in einen einfachen Differenzial-Zoll zu verändern; wir wissen nicht genau, ob diese Bill durchgebracht ist, zweifeln kaum daran.

Jahre.	Eingeführte Kupfererze.			Kupfergehalt.
	Aus Algerien.	Aus Amerika, Toskana ꝛc.	Summa.	
	Tonnen.	Tonnen.	Tonnen.	Tonnen.
1842	—	414	414	257
1843	—	585	585	363
1844	7	523	530	326
1845	62	810	872	520
1846	185	1.007	1.192	670
1847	479	783	1.262	605

Die Erze, welche meistentheils aus Chili und Peru kommen, werden hauptsächlich in den Hafen von Bordeaux eingeführt, dessen Umgegend jetzt die günstigsten Bedingungen für die Anlage eines zweiten Centrums der metallurgischen Industrie darbieten würde, wenn die Schifffahrt des Lot zweckmäßig verbessert würde, und die Ausdehnung der Steinkohlenbergwerke des Aveyron es gestattete, daß sich das Becken der Gironde mit wohlfeilem Brennmaterial versorgen könnte.

Um zu begreifen, wie leicht eine französische Schmelzhütte mit amerikanischen Erzen sich versorgen könnte, muß man wissen, welche Begünstigungen die Gruben in Chili, Peru und auf Cuba solchen Unternehmungen gewähren würden, die sie dem Monopol der Schmelzhütten zu Swansea und den Ansprüchen der englischen Zollbehörden entziehen. Wegen Mangel eines jeden andern Marktes sind die amerikanischen Bergwerksbesitzer nothgedrungen, ihre Erze nach England zu schicken, und mit dem Preise zufrieden zu sein, den ihnen die dortigen Hütten gewähren. Nun wird man aber begreifen, daß diese seit 20 Jahren sehr häufig die Abhängigkeit mißbraucht haben, in der sich die Verkäufer von ihnen befinden. Seit mehreren Jahren z. B. und bis zu Anfang von 1848, haben die Hütten von den fremden, zu Swansea angekauften Erzen einen Gewinn gezogen, der außer einem Verhältniß mit den Ausgaben steht, welche die Zugutemachung dieser Erze nach sich ziehen. So sind Erze mit einem Gehalt von 0,221, den ich weiter oben als Vergleichungspunct angenommen habe, und die nur mit Einbegriff des normalen Gewinnes von 10,38 Sch. eine Gesammtausgabe von 63,74 Sch. auf die Tonne erfordern, in den letzteren Monaten des Jahres 1847 zu 70 Sch. unter ihrem wirklichen Werth verkauft [1]), d. h. es haben die Hütten ihren Gewinn von 10 auf 80 Sch. für die Tonne gebracht. Man wird leicht begreifen, wie ein solcher Zustand der Dinge den Versendern der Erze bemerkbar sein muß, und wie sie geneigt sein werden, durch einen langen Credit den ersten Betrieb französischer Kupferhütten zu begünstigen. Man findet daher hier dasselbe wieder, was ich bereits an einem andern Orte [2]) bemerkt habe, und was sich bei den schwedischen Eisenproducenten durch das

[1]) Berücksichtigt man diese Thatsache bei den oben gemachten Vergleichungen, so findet man, daß eine zu Caronte angelegte Schmelzhütte bei dem wirklichen Preise der Erze auf dem Markte zu Swansea einen Gewinn von 1,190,000 Fr. noch über den normalen Gewinn von 526,000 Fr. haben würde.

[2]) Ueber die Darstellung des zur Stahlfabrikation angewendeten Stabeisens im nördlichen Europa ꝛc. Berg- und hüttenmännische Zeitung. 1847. Seite 1 ff.

viel zu ausschließliche Monopol, welches England bis jetzt in dem Stahleisen-Handel ausübt, zeigt.

Aufforderungen, welche die projectirte Schmelzhütte den Gruben in Frankreich und am mittelländischen Meere gewähren würde. — Eine in dem Becken der Caronte angelegte Kupferhütte, welche mit Hülfe geschickter Kaufleute betrieben würde, würde daher unmittelbar, sowohl im Mittelmeere, als auch im Ocean, das nothwendige Material zu einem mehrjährigen Betriebe finden. Um aber die Zukunft einer solchen Anlage zu bestimmen, muß man auch den Einfluß berücksichtigen, den sie auf die Erzgewinnung in dem Becken des mittelländischen Meeres ausüben würde. Die Küsten dieses Meeres sind zum großen Theil aus einem Gürtel von Gebirgen gebildet, die jetzt entwaldet sind, die aber seit dem höchsten Alterthume Metalle geliefert haben, und noch sehr große Quantitäten davon enthalten. Berücksichtigt man die Mittel, welche der Bergbau seit einem Jahrhundert erlangt hat, und daß das Eindringen in die Tiefen jetzt gar nicht mehr so große Schwierigkeiten hat, so kann man mit Recht sagen, daß die Lagerstätten nur an ihrem Ausgehenden angegriffen sind, und daß sie noch Jahrhunderte lang Veranlassung zu einem blühenden Bergbau geben könnten. Der Mangel an Brennmaterial, der den Betrieb vieler dieser Bergwerke unterbrochen hat, würde kein Hinderniß mehr für die Wiederaufnahme der Baue sein, wenn eine Centralhütte in dem Becken der Caronte angelegt werden würde. Der Transport zwischen zwei entgegengesetzten Küsten des Mittelmeeres, ist im Allgemeinen wohlfeiler, als die Förderung in den Haupt-Erzgebirgen Europa's von den Gruben zu den Hütten. Die Transportkosten von irgend einem Puncte dieses Meeres bis zu dem Carontebecken, würden noch dadurch vermindert, daß die Erze stets Rückfracht bilden würden, da viele Puncte am Mittelmeer Steinkohlen zur Dampfschifffahrt erfordern, die die aus den Rhonemündungen wohlfeiler ausgeführt werden können, als von irgend einem andern Puncte des Mittelmeeres.

Uebrigens könnte die Hütte der Caronte selbst in Frankreich, von Gebirgen, die in der Nachbarschaft der Rhone liegen, ohne große Schwierigkeiten Kupfererze erhalten, da es für die Gruben, namentlich für neu aufgenommene, weit vortheilhafter ist, ihre Erze an eine Centralhütte zu verkaufen, als sie an Ort und Stelle zu Gute zu machen. Diese Wahrheit findet man in allen großen Bergwerksbezirken Europa's bestätigt.

Neue Area für die Kupferproduction und den Kupferhandel. — Die Beibehaltung des jetzt bestehenden Tarifs auf fremdes Kupfer (von 33 Fr. auf die Tonne — für Frankreich —) kann für die Entwickelung der inländischen Kupferhütten durchaus keine Nachtheile haben, sondern er erscheint sogar für die neue Periode, in welche wir mit der Production und den Handel mit Kupfer gelangen, wesentlich zu sein. Vor etwa 20 Jahren waren die europäischen Länder und namentlich Cornwallis, die Haupt- ja fast die einzige Quelle für die Kupferproduction. Amerika, welches damals nur einen unbedeutenden Antheil daran nahm, steht jetzt an der Spitze aller Länder, in denen Kupfer gewonnen wird. Die hauptsächlichsten Grubenbezirke, die bis jetzt sämmtlich in Südamerika concentrirt sind, enthalten ungeheure Erzmengen, und die Kupferproduction scheint einen großen Aufschwung nehmen zu wollen. Jedoch sind diese Reichthümer gar nichts im Vergleich zu den ungeheuren Kupfererz-Lagerstätten in den hohen Anden von Peru und Bolivien, so wie in den Becken des Obersees in der Mitte von Nordamerika. Der jetzige Zustand der Civilisatien in den ersteren Gegenden kann die Veranlassung sein, daß es noch

lange dauert, ehe diese Kupfererz=Lagerstätten in den hohen Anden benutzt werden, wogegen die unternehmenden Nordamerikaner die Reichthümer am Obersee bald benutzen werden. Die genauen Nachrichten, welche mir in dieser Beziehung von Herrn Peabody, einem der Ingenieure, denen die Regierung der Vereinigten Staaten die Untersuchung jener Gegenden übertragen hat, mitgetheilt sind, zeigen, daß dort in wenigen Jahren das Kupfer in solcher Menge gewonnen und zu Gute gemacht wird, um auf die Hauptmärkte von Europa zu gelangen. Bereits im Jahre 1845 waren in der Nähe des Obersee's, da wo die undurchdringlichen Wälder noch am zugänglichsten sind, bereits eine Menge von Concessionen an Unternehmer ertheilt. Dieser Raum, wo das gediegene, geschmeidige Kupfer überall in Menge an der Erdoberfläche vorkommt, hat eine Länge von 300 Kilometern, mit einer mittlern Breite von 20 Kilometern; jedoch ist dies nur ein geringer Theil von diesem sehr großen Erzbezirk. Herr Peabody ist der Meinung, daß das Kupfer von diesem Bergwerke für 70 Fr. die Tonne transportirt werden könne, daß aber diese Fracht nächstens vermindert werden würde, da ein nur wenige Kilometer langer Canal im Bau begriffen sei, um zwischen dem Ober= und Michigansee eine regelmäßige Schifffahrt herzustellen. Unter so günstigen, so außerordentlichen Umständen muß der Betrieb der Bergwerke am Obersee, ganz nothwendig eine Preisverminderung des Kupfers herbeiführen, und denjenigen Gewerben, welche dieses Metall verarbeiten, einen Antrieb geben, der sich nur mit dem vergleichen läßt, der sich seit einem Viertel Jahrhundert in dem Eisenverbrauch gezeigt hat. Wenn sich wegen dieser neuen Concurrenz die englische Regierung veranlaßt sieht, den Cornwalliser Bergbau, so viel als es in ihren Kräften steht, durch hohe Eingangssteuern zu schützen, so wird sich der Kupferhandel genau in demselben Zustande befinden, wie der Eisenhandel in Frankreich durch die Zollgesetze der Restauration, indem er gänzlich von dem Eisenhandel isolirt blieb. Die Production des einheimischen Kupfers wird durch den inländischen Verbrauch beschränkt bleiben, und England muß auf die Ausfuhr jener zahlreichen Producte Verzicht leisten, in denen der Werth des Kupfers eine so wichtige Rolle spielt. Da es kein fremdes Kupfer verbrauchen kann, so wird es sich selbst wohl in einem sehr unvortheilhaften Zustande befinden, um Kupfer in Entrepot aufzunehmen, und um den Transit zwischen den amerikanischen Producenten und den europäischen Consumenten zu bilden. Es ist ganz offenbar, daß Frankreich, wo der Kupferhandel unter den jetzigen Verhältnissen schon eine so bedeutende Wichtigkeit hat, unter der gedachten Annahme ein großes Uebergewicht erlangen wird, und in der nächsten Zukunft seine Lage in dieser Beziehung um so besser sein muß, je freier fremde Kupfererze und fremdes Kupfer eingehen können. Sei auch der Erfolg von dem Project einer großen inländischen Kupferhütte welcher er wolle, so glaube ich doch diese Arbeit nicht zweckmäßiger beschließen zu können, als wenn ich den Vorschlag mache, für die Einführung von fremden Kupfererzen und von fremdem Kupfer die mäßige Eingangssteuer fortbestehen zu lassen, wie sie in Frankreich seit zwei Jahrhunderten existirt.

XVI. Anhänge.

Chemische Untersuchungen der Materialien und der Producte bei der Waleser Methode.

Wichtigkeit der Sammlungen von Hütten-Prozessen und Bedeutsamkeit chemischer Untersuchungen für die Fortschritte der Metallurgie. — In den Abschn. I bis XII. mußte ich mich darauf beschränken, die analytisch-chemischen Resultate der Rohstoffe und der Hüttenproducte, so weit dies die methodische Beschreibung der Waleser Methode erforderte, kurz anzugeben. Auf die Art und den Gang der Untersuchungen, welche diese Resultate gaben, konnte ich nicht näher eingehen, ohne dem Zusammenhange in der Darstellung der Thatsachen zu schaden. Der Gedanke aber, daß andern Chemikern die von mir in diesem Zweige der analytischen Chemie erworbene Erfahrung bei ähnlichen künftigen Untersuchungen über den Kupferhüttenprozeß von einigem Nutzen sein dürfte, gab mir Veranlassung, diesem Werke anhangsweise einige Andeutungen über das Verfahren anzureihen, welche mir bei meinen Untersuchungen den günstigsten Erfolg verschafften.

Die Methoden, welche sich mit der Analyse der Rohstoffe für metallurgische Prozesse und der dabei fallenden Producte zum Zwecke haben, unterscheiden sich von den in andern Zweigen der analytischen Chemie gebräuchlichen Verfahrungsweisen in mehr als in einer Beziehung, da sie Anforderungen ganz besonderer Art Genüge zu leisten haben. Die nothwendigste Bedingung, die sie erfüllen müssen, ist, daß sie bei dem für jede Art der chemischen Analyse unumgänglich nothwendigen Grad von Genauigkeit eine möglichst rasche Ausführung gestatten, ohne welche es platterdings unmöglich sein würde, die Untersuchung einer so großen Anzahl von Körpern zu einem guten Ende zu bringen.

Chemische Untersuchungen der metallurgischen oder Hüttenproducte sind in der großen Mehrzahl der Fälle nur dann von wirklichem Werthe, wenn sie auf größere, zahlreiche Reihen von Materialien (Rohstoffen) sowohl, als von Producten sich erstrecken. Der herrschende Character jener, der Rohstoffe, und der meisten von den aus ihnen gefallenen Producte, ist bis zum Extremen mannigfaltig und unregelmäßig; man würde also fast stets zu falschen Schlüssen gelangen, wenn man sich auf die speciellere Untersuchung einer nur beschränkten Anzahl einzelner Proben beschränken wollte. Die durch diese Besonderheit nothwendig bedingte Vervielfältigung der einzelnen chemischen Operationen verursacht ungemeine Schwierigkeiten, welche, nächst den in der Einleitung zum vorliegenden Werke näher angegebenen Hindernissen, die Kluft, das grell hervortretende Mißverhältniß zwischen dem Werthe der metallurgischen Theorien und der seit bereits undenklicher Zeit erlangten Vollkommenheit der hüttenmännischen Praxis erklären dürfte.

Zu den Mitteln, welche für die Vervollkommnung der theoretischen Metallurgie, und zur Begründung einer wissenschaftlichen, wahrhaft philosophischen Lehre von diesem Zweige menschlichen Wissens am meisten beitragen würden, möchte wohl vor allen Dingen das Sammeln von zahlreichen Reihen der bei jeder als vortheilhaft anerkannten Methode angewendeten Materialien (Rohstoffe) und angewendeten Producte gehören. Ich für meine Person habe, seitdem ich das Lehramt für die Hüttenkunde übernommen, mit der emsigsten Sorgfalt derartige Sammlungen in allen großen metallurgischen Districten Europa's gemacht. Dadurch ward ich in den Stand gesetzt, das von meinen Vorgängern Hassenfratz und Guényveau begonnene und von einer großen Zahl

früherer Zöglinge der Bergwerksschule fortgesetzte, in Beziehung auf Großbritannien besonders von Dufrénoy und Elie de Beaumont unterstützte Werk für die gegenwärtige Zeit zu vervollständigen. Die Pariser Bergwerksschule ist jetzt im Besitz der vollständigsten und ausgezeichnetsten Sammlung dieser Art, die jemals zusammengestellt worden ist.

Specielle Charakteristik der für Hüttenproducte passenden analytisch-chemischen Verfahrungsweisen. — Es ist indeß mit weit weniger Schwierigkeiten verknüpft, derartige Sammlungen anzulegen, als sie gehörig zu benutzen, d. h. also, als sie in allen ihren Beziehungen zu studiren und zu untersuchen; besonders aber, als sie durch genaue chemische Analysen zu untersuchen. Untersuchungen von so bedeutendem Umfange möchten wohl nur durch eine Vereinigung von Chemikern ausgeführt werden können, welche von derselben wissenschaftlichen Idee durchdrungen, einem leitenden Plane folgten. Freilich macht sich das Bedürfniß derartiger scientifischer »Verbindungen« in allen Zweigen der Naturforschung in gleichem Grade geltend; bis indessen ihre »Stiftung« wirklich zur Ausführung kommt, kann der einzelne Metallurg wenigstens Versuche zur Lösung der wichtigsten Aufgaben machen. Zu dem Behufe muß er ununterbrochen Methoden sich anzueignen streben, welche auf dem kürzesten Wege zum Ziele führen. Als unerläßlich nothwendige Bedingung für die hüttenmännische Praxis selbst, war dies schon seit langen Zeiten anerkannt, und es läßt sich behaupten, daß die praktischen Metallurgen die Chemie gewissermaßen gründeten, indem sie Mittel und Wege aufsuchten und fanden, auf möglichst kurzem Wege den Gehalt der Erze an nutzbarem Metall zu bestimmen. Noch jetzt bildet die Kunst, die metallischen Mineralien zu probiren, die Dokimasie oder Probirkunst, einen der originellsten, sinnreichsten Zweig der analytischen Chemie.

Um der Theorie der Metallurgie eine sichere Grundlage zu schaffen, ist es nothwendig, die chemischen Analysen nach einem höchst großartigen Maßstabe auszuführen. Dadurch werden ganz besondere Uutersuchungsmethoden bedingt und gewissermaßen ein neuer der Probirkunst verwandten Zweig der analytischen Chemie geschaffen werden. So habe ich z. B. bei meinen Forschungen über die Producte des Waleser Kupferhütten-Prozesses erfahren, von wie großem Nutzen gewisse Manipulationen und analytische Methoden sind, welche, so viel ich weiß, in den chemischen Laboratorien gewöhnlich nicht angewendet werden.

Die Operationen, welche ich am häufigsten auszuführen hatte, Fällungen von metallischen Auflösungen durch Schwefelwasserstoffgas, und Abdampfung der verschiedenartigsten Lösungen, Operationen, welche meist zu sehr genauen Resultaten führen, waren bisher stets mit der Unannehmlichkeit verknüpft, daß sie einen beträchtlichen Zeitaufwand erforderten; nach vielfachen Versuchen ist es mir endlich geglückt, dieselben auf eine einfache, ökonomische Weise, fast ganz ohne Kosten, mittelst der Einrichtungen zur Ausführung zu bringen, die ich im Folgenden beschreiben will.

Neuer Apparat zur Reaction des Schwefelwasserstoffgases auf metallische Auflösungen. — Bei Anwendung des Apparates, dessen man sich gewöhnlich bedient, um Schwefelwasserstoffgas auf metallhaltige Flüssigkeiten einwirken zu lassen, bleibt der größte Theil, mitunter neunzehn Zwanzigstel des entwickelten Gases ohne Wirkung auf die Flüssigkeit. Diese überschüssige Gasmenge ist rein verloren und übt im Laboratorio eine für das Gelingen anderer Operationen, für die Aufbewahrung der Reagentien, für die aus Metall bestehenden Apparate, besonders für die Waagen schädlichen Einfluß, und bleibt

auch nicht immer ohne nachtheilige Wirkung auf die Gesundheit des Chemikers. Zur Vermeidung dieser Nachtheile nimmt man die Fällungen durch Schwefelwasserstoff bekanntlich meist an der freien Luft, von dem eigentlichen Arbeitsraume mehr oder weniger weit entfernt, vor; indeß hat auch dies seine großen Unbequemlichkeiten. Da die Einwirkung des Gases fast gleich Null wird, sobald die Entwickelung des Stromes langsam stattfindet, so muß man oft nachsehen und die Gasentwickelung beschleunigen; wenn nun aber die Aufmerksamkeit anderweitig in Anspruch genommen wird, so muß die Operation hinter den andern im Innern des Laboratoriums gleichzeitig vorgenommenen, zurückbleiben. Diese dem Schein nach wenig bedeutenden Schwierigkeiten geben nicht selten Veranlassung, daß die Anwendung eines der kostbarsten, unentbehrlichsten Reagens, welches die analytische Chemie aufzuweisen hat, unterbleiben muß.

Die Nothwendigkeit, während des Winters in einem engen Laboratorio, dessen Räumlichkeit ein Arbeiten in der Nähe in freier Luft nicht erlaubten, beständige Anwendung vom Schwefelwasserstoffgase als Fällungsmittel zu machen, führte mich zur Erfindung eines Apparates, bei dessen Anwendung alle die erwähnten Nachtheile vermieden wurden. Die Fällung geschieht aufs Vollständigste mit dem genauen Aequivalente des Gases, ohne daß eine Spur desselben verloren geht und sich im Laboratorio verbreitet. Da das Gas nur in sehr geringer Menge consumirt wird, so kann seine Entwickelung nur langsam sein, und bedarf keiner speciellen Ueberwachung oder Aufsicht.

Der Apparat, den ich allen Chemikern aufs Beste empfehlen kann, ist mit allen Details auf Tafel IV, (Fig. 1.) abgebildet. Von der gewöhnlich angewendeten Vorrichtung unterscheidet er sich dadurch, daß am untern Ende der senkrechte Schenkel vom Leitungsrohre a a, welches in die zu präcipitirende Flüssigkeit taucht, eine Art gläserner Haube oder Glocke b b, angelöthet ist. Jede durch das Rohr dringende Gasblase streicht zunächst unter diese Glocke und verdrängt aus ihr ein gleiches Volum der Auflösung. Da das Gas einem gewissen Drucke unterworfen ist, den man nach Belieben verstärken oder vermindern kann, und da es mit der Flüssigkeit im Innern der Glocken in einer großen Oberfläche in Berührung kommt, so löset es sich rasch in derselben auf und reagirt auf die darin enthaltenen Metalle. Keine Spur des Gases kann, wie es sich ergiebt, der Reaction entgehen. Sofern die Metalle, auf welche das Gas wirkt, nicht niedergeschlagen werden, kann dies nicht in der Flüssigkeit aufgelös't bleiben; diese Auflösung beginnt erst in dem Augenblicke, wo die Metalle ganz vollständig ausgefällt sind. Man kann demnach mit dem Abfiltriren der ausgeschiedenen Schwefelmetalle beginnen, sobald die Flüssigkeit anfängt, einen schwachen Geruch nach Schwefelwasserstoff zu geben.

Als Gefäße zur Fällung gebrauche ich schwache konische Bechergläser c c, welche mit einem kleinen Ausguß an ihrer Mündung versehen sind, durch welche man die Flüssigkeit sicher ausgießen kann. Für die Menge das Volum der Auflösungen, welche man bei der Anlalyse von 1 Grm. kupferhaltiger Substanz (Stein, Schlacken, Rohkupfer ꝛc.) erhält, genügten die, durch den der Zeichnung beigefügten Maßstab angegebenen Dimensionen, welche einem Volum von 0,460 Liter entsprechen. Um zu verhüten, daß in Folge der nicht zu vermeidenden Bewegungen der Luft im Laboratorio geringe Mengen Gas aus der theilweise mit demselben gesättigten Flüssigkeit davon geführt werden, wird der obere Rand der Gefäße sorgfältig abgeschliffen und eine gleichfalls abgeschliffene Glasscheibe d d darüber gedeckt, welche in der Mitte ein Loch von etwas größerem

Durchmesser, als der des Leitungsrohres a a hat, so daß es, wenn nöthig, über dasselbe bis d' d' hinauf, geschoben werden kann. Diese Glasplatte schützt zu gleicher Zeit die Flüssigkeit von jeder Verunreinigung durch den feinen Staub, der selbst in den am besten und reinlichsten gehaltenen Laboratorien die klarsten Flüssigkeiten trübt.

Zur Entfernung der atmosphärischen Luft, welche in der Glocke b b nach dem Einsenken des Apparates in die zu präcipitirende Flüssigkeit noch enthalten ist, wende ich eine kleine gebogene Glasröhre e f, von nur 2 Millim. innerem Durchmesser, an. Wenn man die Oeffnung f mit dem Finger verschließt und den Schenkel e so unter die Glocke einführt, daß das Ende e die oberste Stelle der Glockenwandung berührt, so wird eine Verbindung zwischen der in letzterer durch den Druck der Flüssigkeit comprimirten und der äußern Luft hergestellt und erste entweicht gänzlich. Mittelst dieser Röhre kann man auch von Zeit zu Zeit die während der Operation sich ansammelnden, dem Schwefelwasserstoff etwa beigemengten und wirksamen Gase entfernen. Größerer Bequemlichkeit halber legt man die Röhre in ein Kelchglas k, so daß sie stets zur Hand ist, wie es e' l' ist.

Mein Verfahren, um die kupferhaltigen Flüssigkeiten, wie ich sie bei Auflösung von jedesmal 1 Grm. Substanz erhalte, vollständig mit Schwefelwasserstoff zu sättigen, ist das folgende. Gegen Abend setze ich so viel von den oben beschriebenen Apparaten zusammen, wie ich Auflösungen habe, z. B. ein halbes Dutzend. Dann lasse ich das Gas sich entwickeln und überwache die Gasentwickelung in jeder Flasche etwa eine Viertelstunde lang, und überlasse dann die Operation während der ganzen Nacht sich selbst. Am andern Morgen sind die Flüssigkeiten meistentheils vollkommen mit Gas gesättigt, und ich kann alsdann sogleich an's Filtriren gehen. Zu diesem Behuf nehme ich das Becherglas c c weg, bringe mit Hülfe eines Platindrathes und von Spritzflaschen mit passend geformten geraden oder gekrümmten Spritzröhrchen die an dem Glasrohr a a und an der Glocke b b noch hängende Flüssigkeit und Theile der gefällten Schwefelmetalle zu den im Becherglase c c enthaltenen hinzu, entferne die letzten Theile, welche an den beiden genannten Theilen sitzen, indem ich sie in das zu drei Viertel mit destillirtem Wasser gefüllte Kelchglas bringe; dessen Inhalt zum Abspülen der Röhren aa bb und ef und zum Auswaschen des erhaltenen Niederschlags dient.

Eine ganze Reihe von Versuchen führte zu verschiedenen Verfahrungsweisen, um die zur vollständigen Fällung nöthige Gasmenge im Verlauf einer ganzen Nacht hindurch zu entwickeln: ich hebe von diesen Methoden nur die folgende, als diejenige, hervor, welche mir die günstigsten Resultate gab. Man pulverisirt frische, recht feine Feilspäne von möglichst weichem Eisen, wie sie beim Abschlichten gewisser Stücke in Maschinenfabriken fallen, anhaltend; wirft oder schwingt sie dann in einer großen Schale oder dergl., um etwa anhaftenden Staub oder Theilchen von Eisenoxyd zu entfernen, schlägt das Pulver durch ein feines Sieb, mengt 100 Theile desselben aufs Sorgfältigste mit 80 Theilen ebenfalls durch ein feines Sieb geschlagener Schwefelblumen zu einer möglichst gleichartigen Masse und trägt dieselbe in das Entwickelungs-Gefäß g ein. Dann setzt man nach und nach so viel Wasser hinzu, und rührt mit starken, am besten massiven Glasstäben um, so daß das Ganze einen Teig bildet, muß aber ja die Vorsicht beobachten, daß man einerseits nicht mehr Wasser, als durchaus nöthig, anwendet, und daß man sich wohl hütet, den etwa bis zur Hälfte mit dem Gemenge gefüllten Kolben im Geringsten zu erschüttern;

denn beides, ein Ueberschuß an Wasser, und Erschütterung, würden eine mechanische Zersetzung des Teiges bewirken, wozu ohnehin, in Folge der so großen Verschiedenheit in der Eigenschwere des Schwefels und der Eisenfeilspäne, große Neigung vorhanden ist. Dann gießt man noch 20 Theile Wasser vorsichtig und leise auf das Gemenge, und stellt den Kolben bis an den Hals in Sand, der bis auf beinahe 100° erhitzt worden. Nach etwa einer Viertelstunde färbt sich die bisher graulichgelbe Masse von der Oberfläche nach dem Mittelpuncte zu, schwärzlich; es bildet sich unter ziemlich lebhafter Reaction Schwefeleisen, und in Folge der dadurch bedeutend erhöheten Temperatur entweicht ein großer Theil des den festen Körpern beigemengten Wassers in Dampfform. Sobald die Dampfbildung etwas nachläßt, verschließt man den Kolben mittelst eines mit einer Oeffnung von schwachem Durchmesser versehenen Pfropfens; hat sie ganz aufgehört, so ersetzt man diesen Pfropfen durch einen andern Kork, der mit zwei Oeffnungen zur Aufnahme der Sförmigen Röhre hh und des Gasleitungsrohres ii versehen ist. — Ein Kolben, wie er in Fig. 1., Taf. IV. abgebildet ist, und dessen innerer Rauminhalt 0,700 Lit. beträgt, vermag 700 Grammen des Gemenges von Eisen und Schwefel aufzunehmen. Um nun Schwefelwasserstoffgas wirklich zu entwickeln, gießt man eine Mischung von 1 Theil Schwefelsäure und 4½ Th. Wasser mittelst des Trichter- und Sicherheitsrohres hh auf das Gemenge; das gebildete Gas ist nur durch eine geringe Menge Wasserstoff verunreinigt, dessen Quantität um so geringer ist, je pünktlicher die zu seiner Bereitung gegebene Vorschrift befolgt wird. Der Theorie nach giebt die mit 100 Grm. Eisenfeilspäne bereitete Menge des Sulfuretes 63 Grm. Schwefelwasserstoff, welche 117 Grm. metallisches Kupfer niederzuschlagen vermögen. In der Praxis kann man demnach mittelst eines Apparates, welcher 700 Grm. von dem angeführten Gemenge enthält, eine Anzahl von etwa hundert Flüssigkeiten bei ebenso viel Analysen präcipitiren, und jeder derartige Apparat würde also in einem Laboratorio, wo er beständig im Gebrauch ist, nur vierteljährlich oder alle vier Monate zu erneuern sein.

Beschreibung eines neuen Apparates zum raschen und sichern Abdampfen von Flüssigkeiten. — Eine Operation, welche ich sehr oft auszuführen hatte, das Abdampfen, war besonders in folgenden Fällen nöthig: 1) um die von der Behandlung der Kupferschlacken mit Säuren herrührenden Flüssigkeiten zur Trocke einzudampfen, und die von der Zersetzung dieser Silicate herrührende gallertartige Kieselsäure in die unlösliche Modification zu verwandeln; 2) um auf trocknem Wege ein Oxyd oder ein Gemenge von Oxyden in Lösungen zu bestimmen, welche nur Salpetersäure, Schwefelsäure und Ammoniak enthalten, und deren Nitrate und Sulfurete durch eine höhere Temperatur zersetzt werden. Dies Verfahren ist weit genauer als das, bei dessen Anwendung man diese Oxyde aus mehr oder weniger verdünnten Flüssigkeiten fällt. 3) Um zu stark verdünnte Flüssigkeiten zu concentriren. Dies ist z. B. durchaus nöthig bei der Bestimmung der Talkerde, die fast stets durch eine Reihe von auf einander folgenden Auswaschungen sehr verdünnt gewordener Flüssigkeiten bleibt.

Mancherlei praktische Schwierigkeiten sind mit dieser Operation verknüpft. Das Abdampfen über freiem Feuer erfordert eine stete, ungetheilte Aufmerksamkeit, wenn nicht die Operation durch Störungen im Verbrennungsprozesse unterbrochen, oder durch ein zu lebhaftes Feuer und dadurch erfolgendes, mit Blasenwerfen verbundenes Sieden Verlust an Substanz herbeigeführt werden soll. Jedenfalls erhält man bei der Anwendung von Sandbädern eine bei weitem regelmäßigere Temperatur; doch ist auch dies Verfahren nicht ganz frei

von den eben berührten Mängeln, und außer diesen ist es auch noch mit Nachtheilen anderer Art verknüpft, die so bedeutend sind, daß mehrere wegen der sorgfältigen Ordnung in ihren Laboratorien bekannte deutsche Chemiker diese Art der Anwendung von Feuer auf die Flüssigkeiten ganz verbannen zu müssen geglaubt haben. Es ist weit weniger gefährlich, wenn das Abdampfen langsam geht, als wenn man es zu sehr beschleunigt. In der Praxis zieht sich diese Operation gemeiniglich sehr in die Länge, und das Abdampfgefäß wird durch Kohlenstaub, Flugasche und andere verschiedenartige Staubtheilchen, welche in der Luft der Laboratorien stets suspendirt enthalten sind, verunreinigt, und die Gegenwart dieser Stoffe schadet der Genauigkeit, besonders aber der reinlichen, saubern Ausführung der Operationen stets.

Ich habe viele Versuche angestellt, um ein Verfahren in Ausführung zu bringen, welches frei von allen den erwähnten Mängeln sei, und ich empfehle von denen, welche mir am besten gelungen sind, besonders die folgenden.

Bei der einen Methode benutze ich Oefen, welche im Herde meines Laboratoriums angebracht sind, und auf denen der Abdampf-Apparat in der Art und Weise angebracht ist, wie es Fig. 2., Taf. IV. zeigt. Auf den Rost h h kommen einige in voller Gluth befindliche Kohlen, und darüber wird eine 5 bis 6 Centimeter (2 bis 2½ Zoll rheinl.) dicke Schicht a a von Torfkohle, in Stücke zerschlagen, geschüttet. Sobald diese Schicht anfängt, in Brand zu gerathen, schüttet man eine zweite 2 Centimeter dicke Schicht von der leichten Asche darüber, welche man bei dem Verbrennen der Torfkohle selbst erhält. Die Schale c c, welche die abzudampfende Flüssigkeit enthält, wird auf einem Dreifuß über die Mündung des Ofens, etwa ein Decimeter oberhalb des Niveaus vom Brennmaterial, gestellt. Die Abdampfschale wird mit einer Art Trommel von Kupferblech umgeben, welche aus zwei Theilen besteht. Der eine d d, von cylindrischer Form, hat eine der Tiefe der Schale entsprechende Höhe; der andere e e, von kreisförmiger Gestalt, dient als Deckel, geht beinahe bis an den obern Rand der Schale und läßt zwischen sich und der letztern einen Raum von nur 3 Millimeter Breite. Auf den Deckel endlich wird ein gläserner Trichter f f gestellt, welcher die Schale und den schmalen Raum zwischen derselben und dem Deckel e e ganz verdeckt. Alle verschiedenen Exemplare der Stücken d und e haben einen und denselben Durchmesser, nur läßt man die Cylinder d von verschiedener Höhe und die (den Ausschnitt) Oeffnung in den Deckeln e von verschiedenem Durchmesser machen, so daß beiderlei Stücke genau zu zwei oder drei Schalen von verschiedener Größe, wie man sie gewöhnlich in den Laboratorien anzuwenden pflegt, passen. Die gewöhnliche Größe der Schalen von Sèvres, wie ich sie zur Analyse von 1 Grm. Substanz anzuwenden pflege, ist ein innerer (lichter) Durchmesser von 135 Millimeter (5 Zoll 1½ Lin. rh.). Füllt man eine solche Schale mit Wasser, und setzt sie gegen Abend auf den in der beschriebenen Art vorgerichteten Ofen, so dampft das die Nacht hindurch vollständig ab und findet sich leer, ohne daß die kleinste Nachhülfe von Seiten des Chemikers nöthig wird. —

Diese einfache Vorrichtung faßt alle die Vortheile in sich, welche man von einem Abdampf-Apparate nur irgend möglicher Weise erlangen kann; sie nimmt von Seiten des Operirenden nur einige wenige Minuten Zeit weg, um das Feuer in Ordnung zu bringen und die zum Eindringen der Luft gesparte Oeffnung g zu reguliren. Durch die von der bis zum Dunkelrothglühen erhitzten Asche ausstrahlende Hitze und durch die im Ofen (Herde) gebildeten heißen Gase, die in ihrer Totalität der Berührung der Schale zugeleitet werden,

wird diese letztere sehr allmälich erhitzt. Obwohl die Temperatur der Flüssigkeit niemals bis zum Sieden gesteigert wird, so geht das Abdampfen dennoch sehr rasch vor sich: eine Folge davon, daß der Strom der heißen, trocknen Gase rasch durch den ringförmigen leeren Raum zwischen Deckel und Schale hindurchströmt und über die Oberfläche der Flüssigkeit hinwegstreicht, ehe er durch den Trichter davon zieht. Der Trichter selbst bewahrt andererseits die Flüssigkeit vor dem Einfallen von Stoffen, welche möglicher Weise in der Luft des Laboratoriums suspendirt sind.

Es kommt indessen zuweilen vor, daß sehr feine Theilchen von Kohlenstaub vom Roste des Ofens weggeführt, und durch den heißen Gasstrom weggerissen in den Trichter eindringen und sich in der Schale niederschlagen. Dieser Uebelstand läßt sich indeß völlig vermeiden, und man erspart auch noch die Zeit, welche die Regulirung des Feuers bei Anwendung des vorigen Apparates erfordert, wenn man sich der in Fig. 3., Taf. IV. abgebildeten Vorrichtung bedient. Diese bietet auch noch den Vortheil dar, daß es nicht nöthig ist, den kupfernen Deckel e e (Fig. 2.), welcher durch die aus der Abdampfschale entwickelten sauren Dämpfe stark oxydirt wird, öfters zu reinigen.

Dieser zweite Apparat, den man Sicherheits-Ofen nennen könnte, besteht aus fünf einzelnen, in der Abbildung angegebenen, zusammengesetzten Stücken. a a ist der Ofen, in welchem die die Hitze erzeugende Vorrichtung angebracht ist. b b, c c sind bewegliche runde Platten mit Ausschnitten, auf welchen die Abdampfschale d d ruhet. Die Ausschnitte sind so angebracht, daß dadurch das zu directe Aufsteigen der erhitzten Gase verhindert wird. Die oberste bewegliche Platte e e ruht unmittelbar auf dem Ofen; ein kreisförmiger, 1 bis 3 Millimeter breiter leerer Raum zwischen Scheibe und Schale, läßt die heißen Gase hindurchstreichen. f f ist ein gläserner Trichter, der mit den heißen Gasen angefüllt ist und den Zug durch den leeren Raum e d vermittelt, zugleich aber auch die Schale mit ihrem Inhalt vor den in der Luft des Laboratoriums suspendirten Staubtheilchen schützt. Die zum Abdampfen nöthige Hitze wird ganz einfach unten im Ofen mittelst eines Oel-, Gasäther-Lämpchens, eines Gasbrenners erzeugt. Die Erfahrung lehrt bald, wie man die Zugöffnung sowohl, als die Flamme zu reguliren habe, und das Quantum des Oeles, welches man gebraucht, um im Laufe einer Nacht die ganze in der Schale enthaltene Flüssigkeit abzudampfen.

Diese Art Apparate, welche die Stelle der persönlichen Arbeit des Analytikers beinahe gänzlich durch die Wirkung der physischen Agentien ersetzen, vermehren die Zahl der Analysen, welche ein Chemiker in einer gegebenen Zeit ausführen kann, auf eine auffallende Weise. In dieser Beziehung werden sie, meiner Ansicht nach, einen durchaus günstigen Einfluß auf die Fortschritte der theoretischen Metallurgie ausüben.

Gang der Analysen von den bei der Waleser Methode gefallenen Hüttenproducten. — Zum Schlusse dieses Abschn. will ich noch kurz und bündig (summarisch) den Gang angeben, den ich bei meinen Analysen der Materialien und Producte der Waleser Methode gewöhnlich befolgt habe. Diese partiellen Beschreibungen sind in der Nummernfolge einzureihen, welche den verschiedenen Hinweisungen entsprechen, die ich im Laufe der Abschn. I bis XII gemacht habe, indem ich die durch die Analysen erhaltenen Resultate citirte. Es geht daraus hervor, wie häufig im Laufe dieser zahlreichen Untersuchungen von den beiden, soeben beschriebenen beschleunigenden Mitteln Anwendung und Gebrauch gemacht worden ist.

1) Ueber die Menge des durch das Rösten der Erze erster und zweiter Classe verjagten Schwefels. (Abschn. III.)

Die mit dieser Untersuchung verbundene Schwierigkeit liegt besonders darin, daß man in Verlegenheit ist, welche Substanzen man nehmen soll, die als Typen sowohl der rohen, als der gehörig gerösteten Erze dienen könnten. Um dies Hinderniß möglichst zu entfernen, ließ ich vierzehn Tage hindurch von jeder Charge, vor und nach der Röstung, eine Probe nehmen. Jede dieser Proben selbst war wieder die mittelere von sechs Probenahmen, die aus allen Theilen der Masse in dem Augenblick gewonnen wurden, wo sie in den Ofen eingetragen werden sollte und von der Wiederprobenahme (reprise) im innern Raume. Von jeder so gesammelten und aufs Sorgfältigste gemengten Probe wurde ungefähr 1 Kilogr. Substanz genommen, in einem Mörser pulverisirt und (gänzlich) durch ein Haarsieb geschlagen. So gab jede Charge zwei Proben: die eine vom rohen, die andere vom gerösteten Erze; jede von ihnen wurde in einem Kästchen aufbewahrt. Täglich wurden nun in jedes Kästchen zwei auf die erwähnte Weise vorbereitete Proben eingetragen, welche von den beiden, in den 24 Stunden verarbeiteten Chargen herrührten. Nach Verlauf von 14 Tagen enthielt demnach jedes Kästen 24 Kilogr. Erz. Diese wurden aufs Sorgfältigste gemengt, und davon zwei Proben, von 1 Kilogr. jede, genommen, welche nun als Repräsentanten der mittlern Zusammensetzung, die eine des rohen Erzes, die andere des gerösteten Erzes, betrachtet wurden. Diese langwierige Manipulation wurde bei zwei Röstöfen wiederholt, von denen der erste arme, zum Prozeß (Schmelzen) II bestimmte Erze, und von denen der andere Erze von mittlerem Gehalte, die zum Prozesse V bestimmt sind, verarbeiteten.

Zur Bestimmung des Schwefels in jeder dieser vier Proben wurde folgendes Verfahren angewendet. 1 Grm. der fein geschlämmten Substanz wurde mit einem Gemisch von concentrirter Salpeter- und concentrirter Chlorwasserstoffsäure zersetzt; der Absatz (Niederschlag) durch wiederholtes Aufgießen von vielem Wasser und Decantiren ausgewaschen, dann mit Chlorwasserstoffsäure digerirt, auf einem gewogenen Filtrum gesammelt, gut ausgewaschen, gehörig getrocknet und mit dem Filtrum gewogen. Die Menge des dem Niederschlage mechanisch beigemengten Schwefels wurde durch Verflüchtigen desselben (par gazéification) bestimmt. — Zu der sauren, die übrige Menge des Schwefels und die löslichen Bestandtheile des Erzes enthaltenden Flüssigkeit wurde Chlorbaryum im Ueberschusse zugesetzt, die Flüssigkeit bis zum Kochen erhitzt, nach dem Erkalten decantirt, erwärmt, mit einigen Tropfen Chlorwasserstoffsäure, und dann mit vielem Wasser zersetzt, hierauf 5 Minuten lang im Sieden erhalten, und nach dem Erkalten wiederum decantirt. Dies Auswaschen mit angesäuertem Wasser und darauf folgenden Decantiren, wird auf dieselbe Weise fünf- oder sechsmal wiederholt, bis die abgegossene Flüssigkeit durch Zusatz von Schwefelsäure nicht im Geringsten getrübt wird. Zuletzt sammelt man die ganze Menge des unlöslichen Niederschlages auf einem Filter, welches mit durch Chlorwasserstoffsäure angesäuertes Wasser angefeuchtet wird, erhitzt ihn bis zum Rothglühen und wiegt ihn dann. Die so erhaltene Substanz ist stets von einer schön weißen Farbe, selbst wenn die zuerst erhaltene Lösung sehr viel Eisensalze enthält. Hierauf wird die Masse im Silbertiegel mit Aetzkali geschmolzen, die erhaltene Masse mit Wasser digerirt, überschüssige ganz reine Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt, die saure Flüssigkeit von dem entstandenen Niederschlag abfiltrirt, und zur Trockne abgedampft; der Rückstand wird mit angesäuertem Wasser behandelt. Da diese letztere Flüssigkeit keinen unlöslichen

Rückstand hinterläßt, so hat man daraus geschlossen, daß die weiße Substanz keine Spur von der Kieselsäure mehr enthält, welche in der ersten Flüssigkeit aufgelöst sein könnte; sie konnte folglich als reiner schwefelsaurer Baryt angesehen werden. Man berechnet nun die ganze Menge des in der Probe enthaltenen Schwefels aus den Resultaten, welche die Bestimmung des Schwefels unter diesen beiden Formen gegeben.

2) Ueber den Gewichtsverlust der Erze durch das Rösten. (Abschn. III.)

Der durch das Rösten der Erze erster und zweiter Classe entstehende Gewichtsverlust wurde durch wiederholte, auf einander folgende Wägungen von Proben einer und derselben Charge vor und nach der Röstung bestimmt. Jedesmal wurde ein englischer Centner genommen; die Chancen eines Irrthums erreichten nie ein halbes Pfund, und somit kann jede Wägung als genau bis auf wenigstens ein halbes Hundertstel angesehen werden. Die mit Schätzungen dieser Art inmitten des Betriebes einer großen Hütte verknüpften Schwierigkeiten erlaubten nicht, sie mit mehr als einer Charge von jeder Erzgattung zu wiederholen.

3) Ueber das stete Vorhandensein von Schwefelsäure in den Gasen der Röstöfen. (Abschn. III.)

Neuer, noch ungebrauchter Hanf wurde mit größter Sorgfalt ausgewaschen und mit destillirtem Wasser stark angefüllt. Sie wurden dann längere Zeit hindurch den Schwefeldämpfen ausgesetzt, welche sich beim Rösten der Erze entwickeln; dann wurden sie von Neuem mit Wasser digerirt. Dies letztere, mit reiner Chlorwasserstoffsäure versetzt, wurde durch Zusatz von Chlorbaryum stark getrübt. Dies Resultat blieb zu allen Perioden der Röstung dasselbe. Es ist bemerkenswerth, daß die Schwefelsäure in großer Menge auch in den Gasgemengen enthalten ist, welche sich aus dem Erze beim Herausziehen desselben aus dem Ofen entwickeln; obwohl dasselbe Erz beim Probiren nach dem Erkalten öfters ganz frei von Metalloxyd-Sufaten sich zeigt, oder nur ganz unbedeutende Spuren davon enthält. Wir kommen auf diesen Gegenstand gleich wieder zurück.

4) Ueber die Menge der in den gerösteten Erzen enthaltenen Sulfate. (Abschn. III.)

Zur Bestimmung derselben nahm ich sechs verschiedene Proben, und verschloß dieselben unmittelbar nach dem Ausziehen aus den Röstöfen in Gläser, deren Oeffnung mit Wachs verklebt wurde, um jede freiwillige Efflorescenz an der Außenseite unmöglich zu machen. Alle diese Proben wurden nach und nach mit einer großen Menge destillirten Wassers behandelt, welches decantirt, filtrirt, mit Chlorwasserstoffsäure und dann mit Chlorbayum behandelt wurde. Aus dem entstandenen weißen Niederschlage von reinem schwefelsauren Baryt wurde die Schwefelsäure bestimmt. — Zwei von den untersuchten Proben gaben keinen wägbaren Niederschlag; das bei den vier andern Versuchen erhaltene Präcipitat entsprach einem Schwefelsäuregehalte, welcher zwischen 0,007 bis 0,022 schwankte. Bemerkenswerth erschien mir der Umstand, daß nur bei einer von diesen vier Proben der beim ersten Aufgießen von Wasser erhaltene Auszug einen beträchtlichen Niederschlag und einen wägbaren Kupfergehalt gab; bei den drei übrigen bedurfte es eines wiederholten Extrahirens mit einer großen Menge Wasser, um die Sulfate aufzulösen. Als die hierbei erhaltene Flüssigkeit abgedampft wurde, blieb ein weißer oder nur wenig gefärbter Rückstand, welcher an den Wandungen der Abdampfgefäße fest haftete und welcher, nach den Resultaten der zur

Auffindung der Basen aufgestellten Untersuchung, als Kalkerde, mit Spuren von Talkerde, ferner Kupfer und Eisen enthaltend sich zeigte. Die geringe Menge von Eisen- und Kupfersulfat, welche ich vorherrschend zu finden geglaubt hatte, veranlaßte mich, zu untersuchen, ob dieser Umstand nicht darin seinen Grund habe, daß der durch die Zersetzung des von der Gangart herrührenden kohlensauren Kalkes gebildete Aetzkalk, unter der Mitwirkung des Wassers, während der Analyse selbst, auf die Sulfalte, in dem Momente, in welchem sie sich in jenem auflösen, zersetzend wirke. Gleichfalls untersuchte ich, ob die gänzliche Abwesenheit der löslichen Sulfate in zwei Erzen nicht eine Folge der zerlegenden Einwirkung des durch Zersetzung des der Gangart dieser Erze beigemengten natürlichen kohlensauren Barytes entstandenen Aetzbarytes sei. Zu diesem Behufe erhitzte ich die Erze so stark, daß die etwa vorhandenen schwefelsauren Metallsalze zersetzt werden mußten, behandelte sie dann mit Wasser, das durch Essigsäure angesäuert war; indeß enthielt die nach lange fortgesetzter Digestion decantirte Flüssigkeit weder Kalk-, noch Baryterde. Die Erze, welche lösliche Sulfate enthalten, gaben unter gleichen Umständen keine wägbare Menge Kalkerde zu erkennen. Es läßt sich daraus schließen, daß im Allgemeinen bei der Röstung nach Waleser Verfahren die Schwefelsäure keine Verbindungen mit den Metalloxyden eingeht, sondern daß sie vielmehr alle die kaustischen alkalischen Erden sättigt, und daß also in denjenigen Erzen, welchen vor dem Rösten keine kohlensauren Erdsalze beigemengt sind, nach dem Rösten keine Schwefelsäure enthalten.

5) Ueber eine neue Methode den Kupfergehalt der Schlacken auf nassem Wege rasch und sicher zu bestimmen. (Abschn. IV.)

Durch die Versuche, die zahlreichen Proben der Schlacken aus allen großen europäischen Kupferhütten mit einer größeren Genauigkeit und Präcision auszuführen, als man sie durch das Verfahren auf trocknem Wege auszuführen im Stande ist, kam ich auf eine Methode, welche sehr leicht, selbst in den Hütten, auszuführen ist, und welche, meiner Ansicht nach, hinsichtlich ihrer Genauigkeit Nichts zu wünschen übrig läßt.

Ehe ich jedoch für dieselbe definitiv mich entschied, suchte ich das beste Verfahren auf, den Gehalt der Schlacken genau zu bestimmen, um auf diese Art eine sichere Controle für die Genauigkeit und Richtigkeit der abgekürzten Verfahrungsweisen zu haben. Diese directe Controle wurde mir durch den im Folgenden angegebenen Gang der Analyse möglich, welcher für den größten Theil der in denjenigen Kupferhütten Europa's erzeugten Schlacken paßt, welche Kupfererze ohne Beimengung von bleiischen Erzen verhütten.

Die auf's Sorgfältigste geschlämmte Schlacke wird in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst; die Auflösung bei niedriger Temperatur zur Trockne verdampft, der Rückstand mit chlorwasserstoffsäurehaltigem Wasser behandelt, die Flüssigkeit von der Kieselsäure abfiltrirt, durch Schwefelwasserstoffgas gefällt, der abfiltrirte Niederschlag mit Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, und mit Ammoniumsulfhydrat digerirt. Die nicht aufgelösten Schwefelmetalle werden abfiltrirt mit Wasser, welchem Ammoniumsulfhydrat zugesetzt worden, ausgewaschen, in reiner Salpetersäure aufgelöst und der überschüssige abgeschiedene Schwefel abfiltrirt. Dieser Schwefel wird geglüht und der dabei bleibende Rückstand in reiner Salpetersäure aufgelöst, da er oft Spuren von Kupfer erhält. Die beiden salpetersauren Lösungen werden nun zur Trockne abgedampft, und der feste Rückstand wird in einem doppelten Schmelztiegel bei lebhafter Rothglühhitze einer

langen Calcination unterworfen.[1]) Das erhaltene Glühproduct, reines Kupferoxyd, wird nun gewogen und dann mittelst Salpetersäure, hierauf mit Chlorwasserstoffsäure und endlich mit Ammoniak, auf seine Reinheit geprüft. —

Dieser Weg schien mir für die Analyse der Waleser Kupferschlacken der am meisten geeignete zu sein, und übertraf alle die übrigen, welche ich vergleichsweise anwendete, an Genauigkeit; man erhält bei seiner Befolgung die ganze in der Substanz enthaltene Kupfermenge völlig rein. Indessen erfordert die Ausführung einer jeden Analyse einen beträchtlichen Zeitaufwand, und sehr bald drängte sich mir die Ueberzeugung auf, daß es mir unmöglich sein würde, die vorliegende Arbeit zu Ende zu bringen, ohne meine begonnenen Untersuchungen über die bedeutendsten Hüttenprozesse der Jetztzeit auf lange hin unterbrechen zu müssen. — Nach zahlreichen, durch diese Ueberzeugung veranlaßten Versuchen, kam ich auf folgende Methode, welche beinahe denselben Grad der Genauigkeit zuläßt, wie das eben beschriebene Verfahren, dabei aber mit dem großen Vortheile verknüpft ist, daß sie hinsichtlich der Möglichkeit einer schnellen Ausführung Nichts zu wünschen übrig läßt.

Dies Verfahren besteht im Wesentlichen darin, die in einer Flüssigkeit enthaltene Kupfermenge nach der Intensität der blauen Farbe zu bestimmen, welche das in Ammoniak aufgelöste Kupferoxyd einer bestimmten Menge Wasser ertheilt. Eine große Anzahl directer Versuche haben mir bewiesen, daß, wenn man zwischen den Mengen des Wassers und des zu bestimmenden Kupfers ein angemessenes Verhältniß stattfinden läßt, und wenn man die Probeflüssigkeiten, von welchen, als von Vergleichungspuncten, man ausgehet, soviel als es erforderlich ist, vervielfältigt, man dem Verfahren eine, man kann sagen, unendliche Genauigkeit geben kann.

Ich will mich hier nicht mit der Beschreibung aller der verschiedenen Vorrichtungen aufhalten, welche ich in den einzelnen Fällen, je nach der besondern Natur der zu probirenden Substanzen, modificiren mußte, ebenso wenig mit der Angabe des Grades von Genauigkeit, den zu erreichen in meiner Absicht lag; die Beschreibung des Verfahrens, welches ich bei der Untersuchung der Schlacken von den Schmelzprozessen II und VI anwendete, wird für unsern Zweck genügen.

Da ich den absoluten Kupfergehalt zu bestimmen hatte, welcher gewöhnlich zwischen 1 und 60 Milligramm auf 1 Gramm schwankt, so hielt ich es für hinlänglich, den Kupfergehalt der ärmsten Schlacken bis auf ½ Milligr., den der reichhaltigsten bis auf 1 Milligr. zu bestimmen. Zu diesem Behufe wählte ich drei Reihen enghalsiger, leicht verschließbarer Flaschen von gleichem Durchmesser von farblosem oder wenigstens in gleicher Nüance gefärbtem Glase, aus. Diese drei Reihen enthalten à Flasche, ohne daß diese ganz vollständig gefüllt ist:

1te Reihe von	6	Flaschen mit	65	Cubik-Centimet.	Wasser.
2te " "	10	" "	130	" "	"
3te " "	10	" "	390	" "	"
	26				

Jedes Gefäß auf einem festen, gut abgerichteten Brette stehend, welches während der ganzen Dauer der Versuche angewendet wurde, ward durch eine

[1]) Diese Vorsichtsmaßregeln empfehle ich ganz besonders, denn ohne ihre Befolgung wird das Kupferoxyd theilweise reducirt oder hält etwas schwefelsaures Kupferoxyd zurück.

dem einen oder dem andern der genannten Volumina äquivalente Gewichtsmenge Quecksilber graduirt. Um später in das Gefäß dasselbe Volum blauer Flüssigkeit zu bringen, genügte es, in dasselbe, nachdem es wieder auf das Brett in der Stellung gesetzt war, welche es vorher eingenommen hatte, so viel Wasser oder blaue Flüssigkeit zu füllen, bis die letztere an den in gleichem Niveau mit der Oberfläche des Quecksilbers in das Glas gemachten Feilstrich reichte. Ich habe mich vielfach überzeugt, daß die bei einem solchen Verfahren möglichen Fehler keinerlei Einfluß auf die Bestimmung des Kupfergehaltes ausüben können. Auf diese Weise habe ich nicht nur die 26 zur Aufnahme der Probeflüssigkeiten bestimmten Gefäße graduirt, sondern auch noch 10 Gefäße von jeder Größe, welche zur Aufnahme der von den Probenversuchen selbst herrührenden Flüssigkeiten bestimmt waren.

Zur Darstellung der Probeflüssigkeiten wurden bestimmte Gewichtsmengen von reinem (Orenburger) Kupfer abgewogen, welche eine Zunahme in folgender Art zeigten:

1) Für die erste Reihe der Flaschen 6 Dosen Kupfer, von 0,001 Grm. bis 0,006 Grm., von Milligramm zu Milligramm zunehmend.

2) Für die zweite Reihe 10 Dosen von 0,C03 bis 0,030 Grm., von 3 zu 3 Milligramm zunehmend.

3) Für die dritte Reihe 10 Dosen von 0,030 bis 0,060 Grm., gleichfalls von 3 zu 3 Milligrm. zunehmend.

Diese 26 Dosen wurden in metallischem Zustande in die 26 Flaschen gebracht und etwas reine Salpetersäure hinzugetröpfelt; dann wurden die Flaschen in einen gut verschlossenen Trockenofen gebracht, wo sie so lange blieben, bis die Dämpfe von salpetriger Säure verschwunden waren; dann wurde überschüssiges Ammoniak hinzugefügt, und, nachdem die Flaschen auf das zum Graduiren dienende Brett gestellt waren, mit destillirtem Wasser bis zu dem Feilstrich gefüllt, dann zugepfropft und mit einem Siegel verschlossen, welches den Kupfergehalt der Flüssigkeit angab. Die 26 auf diese Weise vorbereiteten Flaschen zeigen dermaßen graduirte Abstufungen von Blau, daß man nicht zaudern kann, zwischen zwei von ihnen jedes Glas von gleicher Größe mit einer gleichen Menge Flüssigkeit gefüllt und eine unbekannte Menge Kupfer enthaltend, einzuschalten. Unter solchen Umständen findet man die zwischen zwei Gränzpuncten der Reihe enthaltene absolute Menge Kupfer sicherer, schärfer, als selbst mit Hülfe der empfindlichsten, mit den beiden Gränzpuncten der Vergleichung entsprechenden Gewichten belasteten Wage. Bei einem Gehalte von 0,002 bis 0,005 Grm. kann man mittelst der ersten Reihe kleinere Differenzen als $\frac{1}{2}$ Milligrm., mit der größten Leichtigkeit abschätzen; bei einem höhern Gehalte erlauben die Flaschen der andern beiden Reihen, Differenzen unter 1 Milligrm. sehr leicht zu bestimmen.

Das Laboratorium, in welchem ich alle diese Versuche und Proben vornahm, war schlecht erleuchtet: es empfing kein directes Sonnenlicht, sondern dies wurde, je nach der Tageszeit und dem Zustande der Atmosphäre, durch eine gelb übertünchte Mauer sehr unregelmäßig hineingelassen. Diese ungünstigen Umstände hinderten mich nicht selten in der Beobachtung, ich suchte mir aber auf folgende Weise zu helfen. Das Brett zur Aufnahme der mit den Probeflüssigkeiten gefüllten Flaschen wurde in der Nähe eines Fensters angebracht; die Flaschen selbst wurden in einer Reihe auf ein Stück schön weißer Pappe, 0,40 Meter vom Fenster entfernt, aufgestellt; ein zweites rechteckiges Stück weiße Pappe von 0,50 Met. Höhe, ruhete mit seiner untern Kante auf der

horizontalen Ebene, 0,20 Met. von den Flaschen entfernt, und mit der obern Kante an das Fenster selbst. In dieser Lage traten die Nüancen der Gläser vollkommen deutlich hervor, sobald man nach der Beschaffenheit des Lichtes, die horizontale Entfernung und die Höhe des Auges, variiren ließ, so daß die gesammten Gläser projectirt wurden, sei es nun auf der horizontalen oder auf der geneigten, gegen das Fenster gelehnten Ebene. Uebrigens lehrt die Praxis bei diesen Versuchen sehr bald die angemessensten Stellungen kennen und gewöhnt das Auge, die zartesten Verschiedenheiten der einzelnen Nüancen zu unterscheiden.

Hat man die Probeflüssigkeiten auf diese Weise ein für alle Mal vorbereitet, so kann man zum Probiren der verschiedenen Schlacken selbst vorschreiten. Dies besteht darin, die gesammte in jeder der Proben enthaltene Kupfermenge in Ammoniak aufzulösen, die erhaltene Flüssigkeit gemäß der vorläufig nach der Farbe des Ammoniak-Kupferoxydes abgeschätzten Menge des Kupfergehaltes mit 65,130 oder 390 Cubik-Centimeter Wasser zu verdünnen, und hierauf endlich die mit dieser Flüssigkeit gefüllte Flasche mit den Probeflüssigkeiten von gleichem Volum zu vergleichen. Dies erreicht man auf dem im Folgenden angegebenen Wege, welchen ich zu diesem Behufe für den besten erkannt habe; befolgt man denselben, so hat man bei den vorbereitenden Manipulationen nicht nöthig, aus einem Gefäße in ein anderes zu gießen, folglich ohne Gefahr eines Verlustes, in einer kleinen Porzellanschale vorgenommen werden können.

Ein Gramm der feingepulverten und sorgfältig geschlämmten Schlacke wird mit etwas Wasser benetzt und hierauf Chlorwasserstoffsäure und dann Salpetersäure, allmälich und in kleinen Portionen hinzugesetzt. Die erhaltene gallertartige Masse wird etwa eine Viertelstunde lang erhitzt, und dann soviel Wasser hinzugesetzt, daß alle Stoffe, außer der Kieselsäure, aufgelöst werden, und bis die letztere von ganz weißer Farbe sich zeigt; das Ganze wird bei gelinder Wärme eingedampft, die fast ganz trockne Masse in der Abdampfschale mittelst eines kleinen Achatpistilles pulverisirt, das trockne Pulver erst mit salpetersäurehaltigem, dann mit Wasser, welchem etwas Chlorwasserstoffsäure hinzugesetzt ist, benetzt, und nun zu der Flüssigkeit unter beständigem Umrühren Ammoniak bis zum Beginnen der alkalischen Reaction hinzugesetzt. Die Schale wird darauf 24 Stunden lang in einen gelinde erwärmten Trockenofen gestellt, eine neue Portion Ammoniak hinzugesetzt und dann unmittelbar auf ein Filtrum gebracht, dessen Trichter in eine graduirte Flasche mündet, deren Größe sich nach der Farbe der Flüssigkeit richtet. Der Rückstand wird schnell mit heißem Wasser ausgewaschen, die Flasche mit Wasser gefüllt, und endlich die so vorbereitete Flasche mit der Reihe der gleich großen Probeflüssigkeiten verglichen.

Das Aussüßen des durch Ammoniak erzeugten Niederschlages hat keine Schwierigkeit; die Kupferlösung kann von demselben leicht durch eine Menge Wasser getrennt werden, welche weit kleiner ist, als die Hälfte des Rauminhaltes vom Glase; das Kupferoxyd-Ammoniak wird vom Wasser sehr leicht weggenommen, und ich habe es mehrfach bestätigt gefunden, daß ein unvollkommenes Aussüßen ungenaue Resultate veranlassen könnte. Gleichgültig ist es stets, ob die Flasche direct mit reinem Wasser, oder mit solchem gefüllt wird, das vorher durchs Filtrum gegangen ist.

Als die Klippe, an welcher hauptsächlich das Gelingen dieser Methode scheitert, ist ein ungenügendes Pulverisiren der Probe, und die dadurch bedingte unvollkommene Zersetzung der Schlacke durch die Säuren. Eine Untersuchung

des geschlämmten Pulvers durch Reiben zwischen zwei Fingern giebt ein Mittel ab, auf empirischem Wege für jede Art von Schlacke den Grad der Feinheit zu erkennen, bei welchem irgend ein Nachtheil dieser Art sich erzeugen kann. In dieser Beziehung bieten die Waleser Schlacken einen höchst interessanten Gegenstand zum Studium dar, denn sie widerstehen der Einwirkung der Säuren in höherem Grade, als dies bei allen denjenigen der Fall ist, welche, soviel ich weiß, heutzutage in den übrigen metallurgischen Districten Europas beim Verhütten geschwefelter oder oxydischer Kupfererze gebildet werden. Die Wirkung des Schlämmens ist so groß, daß das Pulver dieser Schlacke fast gar nicht angegriffen wird, sobald es durch ein wenn auch noch so feines Sieb geschlagen worden; daß es sich dagegen bei der Einwirkung concentrirter Säuren fast augenblicklich in eine Gallerte verwandelt, wenn es in einen Zustand solcher feinen Zertheilung übergeführt worden ist, den ich den Substanzen, welche ich zu probiren hatte, stets gegeben habe. Wäscht man den nach einer viertelstündigen Digestion in überschüssiger, mit etwas Salpetersäure versetzter Chlorwasserstoffsäure erhaltenen unlöslichen Rückstand durch Decantiren aus, so erhält man stets eine Substanz von schön weißer Farbe, welche durch das Glühen höchstens eine leichte graue Schattirung annimmt.

Meine ersten Versuche, diese Methode auch bei Mangan-, Nickel- und Kobalt-haltigen Schlacken anzuwenden, mißlangen gänzlich; die Auflösung dieser Oxyde in Ammoniak verwandeln die eigenthümliche Farbe des Kupferoxyd-Ammoniaks in Violet oder Grün, so daß jede Vergleichung mit den Probeflüssigkeiten unmöglich wird. Dieser Fall trat bei gewissen Waleser Schlacken ein, welche diese Oxyde öfters einzeln oder zusammen verbunden in größerer Menge enthalten, als das Kupfer. Bei dem größten Theile dieser Schlacken vermeidet man diese Unannehmlichkeit, wenn man die angegebenen Manipulationen bis in ihre geringsten Einzelnheiten befolgt, und besonders, indem man den Zusatz eines Ueberschusses von Ammoniak verzögert. Wenn trotz dieser Vorsichtsmaßregeln die grüne oder violette Farbe die blaue Färbung des Kupferoxyd-Ammoniaks verdeckt, so läßt man die Flasche mehrere Wochen lang unverschlossen in einem mäßig erwärmten Trockenofen stehen; es setzen sich dann allmälich einige verschieden gefärbte gallertähnliche Flocken ab; sobald dann die Farbe der Flüssigkeit blau geworden ist, so bestimmt man das Kupfer wie gewöhnlich; in diesem Falle wird die Farbe der Flüssigkeit auf Zusatz einiger Tropfen Ammoniak nur intensiver. Ich habe mich durch directe Versuche überzeugt, daß man in solchen Fällen den Gehalt der Schlacke mit großer Genauigkeit nachzuweisen doch noch vermochte. Freilich habe ich in allen derartigen zweifelhaften und unvorhergesehenen Fällen, wie sie bei einer so großen Reihe von Versuchen vorkamen, durch Anwendung der zuerst beschriebenen Methode, d. h. durch directe Gewichtsbestimmung des Kupfers, die erhaltenen Resultate controlirt, und stets fand ich eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Probe und Gegenprobe.

Nur das Schlämmen der Probe und das Abdampfen der sauren Lösung nehmen eine einigermaßen beträchtliche Zeit weg; indeß kann jene Manipulation durch einen einfachen Arbeiter geschehen und das Abdampfen ebenso rasch, als sicher, in einem der weiter oben beschriebenen Abdampf-Apparate; denn im Verlaufe einer Nacht wird, ohne die geringste Beihülfe des Probirers, die von der Zersetzung der Schlacke durch die Säuren herrührende Flüssigkeit zur Trockne abgedampft, so daß sie am andern Morgen mittelst des Pistills zerrieben werden kann. Bei der gleichzeitigen Ausführung dieser Proben mit

Reihen von fünf oder zehn verschiedenen Schlacken, habe ich im Durchschnitt auf jede Probe nur die im Nachfolgenden angegebene Zeit zugebracht:

	Stunde.	Minute.
Auswahl und erstes Zerkleinern des Probirguts	—	10
Trocknen und Abwägen des geschlämmten Probirguts . .	—	10
Aufschließen durch Säure; Aufstellen des Abdampf-Apparates	—	15
Vollständiges Eindampfen zur Trockne und Pulverisiren des Rückstandes	—	25
Behandlung des letztern mit ungesäuertem Wasser; Sättigung der Flüssigkeit mit Ammoniak	—	11
Uebersättigung mit Ammoniak; Filtriren und Aussüßen; Füllung der Flasche	—	15
Bestimmung des Kupfergehaltes	—	4
	1	30

Dieser Zeitaufwand würde noch um ein Drittel vermindert werden können, wenn man sich eine ganze Reihe von Tagen ausschließlich mit dieser Arbeit beschäftigen könnte. Unter solchen Umständen würde ein Chemiker mit Hülfe von fünf Arbeitern, drei für die sehr schwer zu pulverisirenden Waleser, und zwei für die Mehrzahl der übrigen Schlacken bestimmt, in einer Woche 60 Proben zu machen leicht im Stande sein. Auf trocknem Wege würde man nicht mehr leisten können. Seit 1842 konnte ich, ohne meine übrigen Arbeiten unterbrechen zu müssen, mehr als 700 derartiger Proben von Schlacken und Producten der bedeutendsten europäischen Kupferhütten machen.

Dieselbe Methode der Analyse befolgte ich bei einer Reihe von Untersuchungen, deren Zweck war, den Verlust an Kupfer in Folge der mit den aus den Essen entweichenden Gasen und Dämpfen mechanisch suspendirten Theilchen von Kupferoxyd nachzuweisen. Ich habe von diesen Arbeiten im vorliegenden Werke Nichts erwähnt, weil es mir nicht möglich war, alle die zur Lösung der von mir ins Auge gefaßten Frage erforderlichen Elemente zu vereinigen. Jedoch gelang es mir, nachzuweisen, daß alle Essen der Waleser Oefen Staubtheile entweichen lassen, welche sämmtlich Kupfer enthalten. Diese Fluggestübbe können sich in den obern Theilen der höchsten Essen und auf den Dächern, durch welche diese letztere münden, ansammeln. Bei den Röst- und Gaaröfen sind sie am reichhaltigsten; sogar bei den Essen derjenigen Oefen, in denen die ärmsten Erze geröstet werden, zeigen sie einen nicht unbedeutenden Gehalt. Ich hatte Gelegenheit, das Fortreißen von solchem kupferhaltigen Fluggestübbe unter Umständen zu beobachten, welche die Existenz solcher Ursachen zu Verlusten hätten vermuthen lassen. Der Eigenthümer einer Waleser Kupferhütte wünschte die aus den Röstöfen entweichenden schwefelsauren Dämpfe zu condensiren, anstatt sie in die Atmosphäre entweichen zu lassen; die Baulichkeiten seiner Werke veranlaßten ihn, die Gase von der Röstung durch weite, horizontal liegende Canäle streichen zu lassen. Bevor sie zu dem Condensations-Apparate gelangten, mußten sie die Canäle, mit der sehr geringen Geschwindigkeit von 0,70 Meter in der Secunde, auf eine Strecke von 100 Meter durchstreichen. Auf eine so große Entfernung der Oefen veranlaßte jedoch der im Wesentlichen aus einer Art künstlichem Regen bestehende Condensations-Apparat den Absatz einer bedeutenden Menge Fluggestübbe, welches etwa 3 % metallisches Kupfer enthielt, und dessen Analyse folgendes approximatives Resultat gab:

Kupferoxyd	0,035
Eisenoxyd	0,220
Kieselsäure, Thonerde, Kalkerde, Magnesia .	0,555
Arsenige Säure, Kohlenstaub	0,190
	1,000

6) Aufsuchung des Schwefels und Kupfers in den beim Schmelzprozesse II. gefallenen Schlacken. (Abschn. IV.)

Der besondere Zweck dieser Untersuchungen war der, die Natur der Verbindung, in welcher das Kupfer vorhanden ist, zu bestimmen.

Das Kupfer wurde direct nach der ersten der im vorstehenden Artikel beschriebenen beiden Methoden bestimmt.

Zur Bestimmung des Schwefels wendete ich zunächst folgendes Verfahren an. 1 Grm. der fein geschlämmten Schlacke wurde längere Zeit hindurch mit Königswasser digerirt, und dann die sehr saure Flüssigkeit mit einigen Tropfen alkoholischer Kalilösung versetzt; die Lösung bei gelinder Hitze zur Trockne verdampft, der trockne Rückstand gepulvert, hierauf mit chlorwasserstoffsäurehaltigem, dann mit einer großen Menge reinen Wassers behandelt, filtrirt und die in der Flüssigkeit enthaltene Schwefelsäure durch Chlorbaryum auf die in Art. 1. angegebene Weise bestimmt. Das Abdampfen zur Trockne hatte zum Zweck, die Kieselsäure unlöslich zu machen und die Bildung eines unlöslichen, dem schwefelsauren Baryt mechanisch beigemengten Barytsilicates zu verhüten; der Zusatz von Kali geschah in der Absicht, jeden Verlust an Schwefelsäure während des Abdampfens zur Trockniß zu verhüten.

Die Erfahrung hat mir bewiesen, daß diese beiden Vorsichtsmaßregeln ganz unnöthig waren. Denn die Schwefelsäure wurde während des Abdampfens durch die metallischen Basen stark genug zurückgehalten, und dies Abdampfen selbst war gleichfalls nicht nothwendig, da der in einer sauren, nicht abgedampften Flüssigkeit, unter Beobachtung der im Art. 1. angegebenen Vorsichtsmaßregeln gefällte schwefelsaure Baryt niemals eine Spur von Kieselsäure enthält.

7) Ueber die Analyse der Kupfersteine. (Abschn. IV.)

Aller beim Verhütten der eigentlichen Kupfererze fallende Stein besteht, sowohl auf den Hütten des Festlandes, wie in Wales, im Wesentlichen aus Kupfer, Eisen und Schwefel. In Wales enthält er außerdem gewöhnlich Arsen, Zinn, Nickel, Kobalt und Mangan. Der Concentrationsstein, der kupferhaltige Herd, das Schwarz- und selbst das Gaarkupfer, enthalten wenigstens Spuren von diesen Substanzen, so daß dieselbe Methode der Analyse, neben den durch die größere Seltenheit oder das gänzliche Fehlen gewisser von diesem Stoffe bedingten geringen Abweichungen, für alle diese Kupferhütten-Producte anwendbar ist. Von allen nicht wesentlichen, ja der Zusammensetzung des Waleser Steins schädlichen Stoffen kommen Arsen und Zinn am häufigsten vor, und sind zugleich diejenigen, deren Vorhandensein mit Genauigkeit zu bestimmen von größter Wichtigkeit ist. Ich fand in keinem Werke ein Verfahren zur Scheidung und genauen Bestimmung dieser Stoffe, und sah mich daher veranlaßt, zahlreiche Versuche zur Lösung dieser Aufgabe der analytischen Chemie anzustellen. Ich glaube dies vorgesteckte Ziel durch das im Folgenden beschriebene Ziel erreicht zu haben, obwohl die Schwierigkeiten in Folge der aus der Gegenwart der übrigen vorhin angeführten Stoffe hervorgehenden Combination nicht gering war.

Nachdem man den Schwefel durch das im Artikel 1. angegebene Verfahren bestimmt hat, schreitet man zur vollständigen Analyse vor; wie folgt.

Man behandelt 1 Grm. des Probirguts mit concentrirter Salpetersäure. Der dadurch gebildete weiße, pulverförmige Niederschlag besteht aus einer überwiegenden Menge Zinnoxyd, Spuren von den andern Metalloxyden und Arsen, der als Arsensäure oder arsenige Säure mit diesen Metalloxyden verbunden ist. Außerdem erhält der Niederschlag noch mehr oder weniger mechanisch beigemengten flockigen Schwefel. Die Flüssigkeit wird mit Wasser verdünnt und abfiltrirt. Nachdem man den Schwefel durch Verbrennen unter Luftzutritt verjagt hat, bestimmt man das Gewicht des pulverförmigen Rückstandes, welchen wir mit a bezeichnen wollen.

Die salpetersaure Flüssigkeit enthält nun alle Metalle, eine Spur Zinnoxyd und Arsen als arsenige und Arsensäure. Man dampft sie bei gelinder Wärme und unter wiederholtem Zusatz von Chlorwasserstoffsäure fast bis zur Trockne ab, verdünnt sie und fällt mit Schwefelwasserstoffgas. Die abfiltrirte Flüssigkeit b enthält das Eisen, Nickel, Kobalt und Mangan; der Niederschlag, den wir mit c bezeichnen wollen, besteht aus Schwefel und den Sulfureten von Kupfer, Zinn und Arsenik.

Die gewöhnlich sehr stark verdünnte Flüssigkeit b wird zu einem der vermutheten Menge der in Lösung vorhandenen Metalle entsprechenden Volum eingedampft, und dann zur Trennung von dem während der Verjagung des überschüssigen Schwefelwasserstoffgases ausgeschiedenen Schwefel filtrirt, und dann, um das Eisen in Oxyd zu verwandeln, mit Salpetersäure versetzt, und einige Zeit im Sieden erhalten. Hierauf fällt man das Eisen durch langsames und vorsichtiges Hinzutröpfeln von kohlensaurem Ammoniak, während die Oxyde des Nickels, Kobalts und Mangan in Auflösung bleiben. Aus der filtrirten Flüssigkeit werden diese drei Metalle durch Ammoniumsulfhydrat gefällt, abfiltrirt und dann in reiner Salpetersäure aufgelöst; die drei salpetersauren, mit Sulfaten gemengten Salze vom ausgeschiedenen Schwefel durch Abfiltriren getränkt, zur Trockne verdampft und bis zum hellen Rothglühen erhitzt. Der Rückstand ist ein Gemenge der drei Oxyde.

Gewöhnlich ist die in den Kupferhütten-Producten enthaltene Menge dieser Oxyde zu gering, als daß es sich der Mühe lohnte, sie von einander zu scheiden; man kann ihre Gegenwart sehr bestimmt nachweisen, wenn sie nur zu $\frac{1}{5}$ in dem Gemenge enthalten sind; um nämlich das Nickel nachzuweisen, genügt es, einen Tropfen Chlorwasserstoffsäure auf das Gemenge der Oxyde zu gießen, welcher davon intensiv grün gefärbt wird; Kobalt und Borax lassen sich leicht durch die Reactionen erkennen, welche sie mit Borax und Soda vor dem Löthrohre gehen.

Der Niederschlag c wird mit concentrirtem Schwefelwasserstoff-Ammonium digerirt, wobei sich Schwefelarsen und Schwefelzinn auflösen; die abfiltrirte Flüssigkeit (e) läßt reines Schwefelkupfer nur mit abgeschiedenem Schwefel gemengt, zurück. Dies Gemenge wird mit Salpetersäure behandelt; die vom ausgeschiedenen Schwefel abfiltrirte Lösung zur Trockne verdampft, der Rückstand, unter Beobachtung der im Art. 5 angegeben Vorsichtsmaßregeln, sehr stark geglüht, und das Gewicht des auf diese Weise erhaltenen Kupferoxydes bestimmt.

Die Flüssigkeit e wird nun mit so viel Chlorwasserstoffsäure behandelt, daß ihre Menge zur Zersetzung des Ammonium-Sulfhydrates gerade hinreicht. Es fällt dann ein Gemenge von Schwefel mit Schwefelarsen und Schwefelzinn

nieder. Durch Abdampfen zur Trockne überzeugt man sich, daß die von diesem Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit Nichts als Chlorammonium enthält. Der Niederschlag selbst wird nun mit concentrirter Salpetersäure versetzt, wodurch die in der Flüssigkeit b enthaltene Spur von Zinn als Oxyd, mit einer Spur von Arsen oder arseniger Säure verbunden, gefällt wird; außerdem scheidet sich pulverförmiger Schwefel aus. Trennt man den Niederschlag von der Flüssigkeit (f) durch Abfiltriren und vom Schwefel durch Erhitzen unter Luftzutritt, so bleibt von ihm eine geringe Menge einer graulich gefärbten Substanz, die wir g nennen wollen.

Die Flüssigkeit f, welche nur Arsenik, als arsenige oder Arsensäure, enthält, wird durch Abdampfen bis fast zur Trockne concentrirt; dann setzt man ein der vermutheten Menge Arsenik entsprechendes Gewicht sehr reines metallisches Eisen (z. B. 3 bis 4 Th. Eisen auf 1 Th. Arsenik) hinzu, und kocht das Ganze mit Königswasser. Die erhaltene Flüssigkeit versetzt man hierauf mit überschüssigem Ammoniak. Das Gewicht, welches der Niederschlag mehr wiegt, als das im Verhältniß des zugesetzten Eisens nothwendig gebildete Eisenoxyd wiegen müßte, wird als arsenige Säure berechnet.

Zur Beendigung der Analyse bleibt nun nur noch übrig, die Zusammensetzung der beiden pulverförmigen Körper d und g zu bestimmen, die man genau wägt und dann zusammen behandelt. Sie bestehen, wie bereits erwähnt, vorherrschend aus Zinnoxyd, aus einer Spur von den andern Oxyden und aus einer gewissen Menge von Arsen- und arseniger Säure, welche mit diesen Oxyden verbunden sind Die Substanz wird in einen gefutterten Tiegel eingetragen und einer Temperatur ausgesetzt, wie sie die Eisenproben erfordern. Man erhält dann einen halb dehnbaren Regulus, der aus einer Legirung von Zinn mit den andern Metallen besteht. Der Gewichtsverlust giebt den im Gemenge enthaltenen Sauerstoff an, denn bei der Gegenwart von überschüssigem Zinn konnte sich das Arsen nicht verflüchtigen.

Der Regulus wird nun in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, wobei sich das Arsen als Arsenwasserstoffgas, mit überschüssigem Wasserstoffgas gemengt, vollständig verflüchtigt. Durch Verbrennen des Gases läßt sich das Vorhandensein des Arsens leicht nachweisen. Durch die saure Flüssigkeit läßt man einen Strom Schwefelwasserstoffgas streichen, wodurch Schwefelzinn gefällt wird; dies ist meistentheils frei von Kupfer; übrigens läßt sich die Abwesenheit oder das Vorhandensein dieses Metalles leicht an der Farbe des Niederschlags erkennen. Das Schwefelzinn wird durch Kochen mit Salpetersäure in Zinnsäure verwandelt und als solche bestimmt. Die in der mit Schwefelwasserstoffgas gesättigten Flüssigkeit möglicher Weise vorhandenen Spuren von andern Metallen findet man, indem man einige Tropfen Ammoniumsulfhydrat hinzufügt. Die gefällten Schwefelmetalle werden dann auf die schon erwähnte Weise in Oxyde verwandelt. Nach dieser Operation findet man gewöhnlich nur noch eine Spur Eisenoxyd. — Die Differenz im Gewichte des im Kohlentiegel erhaltenen Metallkorns und der auf directem Wege bestimmten Metalle, giebt die mit letztern verbundene Arsenikmenge an.

8) Ueber die Analyse des unreinen Rohkupfers und der kupferhaltigen Böden. (Abschn. VI.)

Die hier zu befolgende Methode ist ein besonderer Fall der im Art. 7 beschriebenen. Die Bestimmung des Schwefels ist hier gewöhnlich einfacher, weil sich dieser Körper in Scheidewasser vollkommen auflöst.

9) Ueber die Analyse der zinnhaltigen Legirung vom Schmelzprozesse VI. (Abschn. VIII.)

Die im Art. 7 angegebene Methode, das Zinn vom Arsen zu trennen, findet besonders bei der Analyse dieses Productes ihre Anwendung. Der bei der Zersetzung desselben mittelst Salpetersäure entstehende Niederschlag ist sehr reichlich, und man darf ihn keineswegs als reine Zinnsäure ansehen. Bei den meisten andern Kupferhüttenproducten ist die Menge dieses Rückstandes sehr gering, und eine weitere Untersuchung desselben ist dann unnöthig.

10) Ueber das relative Verhältniß der geschmolzenen Erze und der armen Schlacken in den Waleser Kupferhütten. (Abschn. XIII.)

Diese Menge habe ich durch zwei verschiedene Methoden bestimmt und das Mittel von den beiden Reihen von Resultaten, die ich von jeder derselben erhielt, genommen.

Nach der ersten Methode habe ich das Gewicht der beim Schmelzprozesse II erzeugten Schlacken direct mit dem der bei diesem Schmelzprozesse durchgesetzten Erze und dem erhaltenen Bronzestein verglichen. Da die directe Wägung der Schlacken inmitten des Betriebes eines großen Hüttenwerkes mit zu bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft gewesen sein würde, so mußte ich mich darauf beschränken, eine Woche hindurch das Volum aller der parallelepipedischen Schlackenstücke von einem einzigen Ofen erzeugt zu bestimmen. Andererseits konnte ich, da mir die Untersuchungen, deren Resultate im Abschn. IV angegeben sind, bewiesen hatten, daß die specifische Schwere der Schlackenstücke durchschnittlich = 2,50 ist, aus dieser doppelten Schätzung das Gewicht der in dem beobachteten Ofen erzeugten Schlacken bestimmen, durch die Schmelzung einer bestimmten Gewichtsmenge Erze und Zuschläge. Aehnliche Untersuchungen, deren Einzelnheiten hier anzugeben zu weit führen würde, setzten mich gleichfalls in den Stand, einerseits das Gewicht der Schlacken vom Schmelzprozeß VI. zu bestimmen, der einzigen Operation, welche, mit dem Prozesse II, Schlacken zum Wegstürzen giebt; andererseits, dies Gewicht mit dem der entweder beim Prozesse II, oder beim gesammten Kupferhüttenprozesse verhütteten Erze zu vergleichen.

Bei der zweiten Schätzungsmethode suchte ich das Volumen der während einer bestimmten Zeit, für welche man auch das Totalgewicht der in der Hütte consumirten Erze direct zu bestimmen im Stande war, über die Halde gestürzten Schlacken direct zu bestimmen. Bei dieser Art Untersuchungen kamen mir mehrere günstige Umstände sehr zu Statten, unter denen die Cubirung der Schlacken besondere Garantieen und Genauigkeit gab; in allen Fällen habe ich das durchschnittliche oder mittlere Gewicht des Cubikmeters über die Halden gestürzter Schlacken bestimmt, indem ich kleine Haufen von einem bestimmten Volum direct wog, welche durch Zufall mit den Stoffen der Halden gebildet waren.

Von diesen beiden Reihen von Abschätzungen, deren mittlere Resultate im Nachstehenden angegeben sind, ging ich bei den im Abschn. XIII detaillirten Berechnungen aus.

Gewicht der rohen in der Hütte behandelten Erze		1,00
Gewicht der rohen und gerösteten, zum Schmelzprozeß II kommenden Erze		0,82
Gewicht der beim Schmelzprozeß II fallenden Schlacken . .	0,66	0,78
Gewicht der beim Schmelzprozeß VI fallenden Schlacken . .	0,12	

	Schlacke II.	Schlacke VI.
Dichtigkeit der mehr oder weniger blasigen Schlacken .	2,40	3,90
Absolute Dichtigkeit, mit der gepulverten Schlacke nach der verbesserten Methode bestimmt	3,21	4,04
Gewicht des Cubikmeters der Schlacken II und VI., unter einander gemengt und mehr oder weniger zerkleinert, wie sie auf den Halden liegen	1440 Kilogr.	

XVII. Beschreibung des Fabrikations-Materials oder Inventars einer Waleser Schmelzhütte, und Erklärung der diesem Werke beigefügten Tafeln.

Allgemeine Einrichtung einer Schmelzhütte. — Die Beschreibung, die wir hier von den Waleser Hüttenprozessen gegeben haben, gründet sich auf eine Art von Musterhütte, in welcher man jährlich 6250 Tonnen Kupfer producirt, indem man 47000 Tonnen Erz zu Gute macht. Jedoch sind die meisten Hütten in einer Epoche angelegt, wo ihre gegenseitige Concurrenz bedeutender war, als es jetzt der Fall ist. Die jetzigen Schmelzcompagnien besitzen daher gewöhnlich mehrere Hütten, die nach dem Fall der concurrirenden Compagnien vereinigt worden sind. Es giebt in Wales nur eine geringe Anzahl von Kupferschmelzhütten, die im Stande sind, eine so große Menge von Kupfer zu produciren; ich nehme an, daß die Muster-Schmelzhütte, von welcher in diesem Werke die Rede ist, wirklich aus zwei gleichen Anlagen bestehe, die von einer und derselben Administration verwaltet werden, und in denen in jeder jährlich 3125 Tonnen Kupfer fabricirt werden. Ich beschränke mich hier darauf, das Fabrikationsmaterial zu beschreiben, welches zu einer solchen Productionsmenge erforderlich ist, und halte dies für um so zweckmäßiger, als dies fast der mittlere Umfang einer Waleser Schmelzhütte ist, und die größte Ausdehnung, welche den Kupferhütten auf dem Festlande gegeben werden könnte. Eine Schmelzhütte von mittelmäßiger Größe, welchr jährlich 3125 Tonnen Kupfer darstellt, verbraucht 23500 Tonnen Erz, 38000 Tonnen Brennmaterial, 2000 Tonnen Zuschläge und 3000 Tonnen Ziegelsteine und andere Baumaterialien. Man muß gewissermaßen von einer Hütte zur andern 47000 Tonnen Kupfer haltige Halbproducte, als ungerösteten Stein, Concentrationsstein, kupferhaltigen Herd, Schwarzkupfer, reiche Schlacke 2c., von einer zur andern übergehen lassen, und man muß endlich aus diesen Hütten 18000 Tonnen arme Schlacken, und 3000 Tonnen sonstige arme Substanzen und Ofenbruchstücke, auf die Halde stürzen. Alle innern Transporte, welche sich jährlich auf 135000 Tonnen beziehen, d. h. auf 2600 Tonnen in der Woche, erfolgen in den Hütten selbst, wo die Apparate dicht neben einander stehen, werden für ¾ des sämmtlichen Materials durch Karren und Wagen, von Menschenhänden transportirt. Man wird daher einsehen, daß die Transportkosten nicht gering sein können. Man hat sich daher bei der Anlage der Hütten die größte Mühe gegeben, durch eine zweckmäßige Stellung der Oefen, Magazine 2c., diese Kosten möglichst zu vermindern. Die Schmelzhütten am Meeresufer bei Swansea (Taf. III.,

Fig. 4, 5 und 6.), auf welche sich diese Beschreibung ganz besonders bezieht, ziehen sich gewöhnlich an langen Ufermauern hin, bb, cc, dd, ee, ff und zwar parallel zweien schiffbaren Straßen, welche ihre Materialien herbeiführen. Sie liegen zwischen diesen beiden Straßen, d. h. zwischen dem Meeresspiegel zur Fluthzeit und dem Spiegel des Canals, stufenweis über einander. Das Brennmaterial, welches größtentheils mittelst des Canals herbeigeführt wird, bewegt sich auf diesen Stufen von oben nach unten; die Erze, die sämmtlich auf dem Meere und auf dem Flusse, der bei Swansea in die Bucht gleichen Namens fällt, und an dessen Ufern die meisten Hütten liegen, herbeigeführt werden, so wie auch die Halbproducte, welche bei den 10 Prozessen fallen, werden in entgegengesetzter Richtung, von unten nach oben transportirt. Wenn nun die Werkstätten für die ersten Arbeiten auf der untersten Stufe, möglich nahe am Meere stehen, und die für die letzten Prozesse auf der höchsten Stufe, in der Nähe des Canals, so giebt diese Einrichtung die günstigsten Resultate für den innern Transport. Auf diese Weise durchlaufen sowohl die unhaltigen Materialien, die sich in der Nähe des Ufers entweder in Gas oder in Schlacken auflösen, die kleinste Distanz, und die hauptsächlichsten kupferhaltigen Producte verfolgen von Punct zu Punct bei ihren successiven Verarbeitungen einen regelmäßigen Weg, von dem ersten Röstofen, bis zu dem Gaarofen, woselbst sie in verkäufliches Kupfer verwandelt werden.

Die Oefen, welche zu den 10 Prozessen der Waleser Methode dienen, sind auf Taf. III., Fig. 4, mit den Nummern 1 — 10 bezeichnet, welche den Ordnungsnummern entsprechen, die im Verlauf des Werks und hauptsächlich in Abschn. II, für diese 10 Prozesse angenommen worden sind.

Die verschiedenen Oefen und Apparate ꝛc. haben die auf Taf. III. in der Musterhütte, auf die sich die vorliegende Beschreibung bezieht, angegebene Stellung. Alle Erze werden auf dem Fluß a a herbeigeschafft; man ladet sie auf den Quai b b aus und stürzt sie in dem Hofe c c auf von einander getrennte Haufen. Die Erze (der 1. und 2. Classe), welche zur Röstung kommen, werden von dem Hofe c c je nach dem Bedürfniß weggenommen und zu den Röstöfen geschafft. Diese (Taf. III., Fig. 4, Nr. 1.) liegen dem Hofe zunächst auf der Terrasse d d, in einer geraden Linie. Jeder von ihnen ist mit zwei Trichtern oder Aufschüttern versehen (Taf. I., Fig. 2.), die über dem Gewölbe angebracht, und unten mittelst eines Schiebers verschließbar sind. Es sind diese Aufschütter groß genug, um eine ganze Ladung aufzunehmen, die man auf die Herdsohle niederfallen läßt, sobald die vorhergehende Charge verarbeitet und herausgezogen ist. Eine geneigte Ebene h h, die in der Hauptachse der Hütte angebracht worden ist, und der Mitte des Erzplatzes und der Ofenlinie entspricht, verbindet das Niveau dieses Erzplatzes mit einem Schienenwege k k, welcher den Oeffnungen der Aufschütter entspricht. Auf der mit zwei Linien von Schienen versehenen geneigten Ebene bewegen sich auf jeder zwei Wagen, deren Plateau, vermöge zweier niedriger und zweier hoher Räder, horizontal liegen. Einer von diesen Wagen, mit 4 gefüllten Erzkarren belastet, geht aufwärts, während der andere mit eben so viel leeren Karren abwärts rollt. An den beiden Enden dieser geneigten Ebenen kommen die Plateaus genau in eine Ebene, entweder mit der Sohle des Erzplatzes, oder mit der Eisenbahn zu den Aufschüttern. Die Förderleute auf den Erzplätzen und auf der Eisenbahn können daher sogleich nach Ankunft des Plateaus die gefüllten Karren unten auf dasselbe setzen und die leeren wegnehmen, und oben die gefüllten wegnehmen, um sie zu den Aufschüttern zu bringen und durch leere zu ersetzen. Beide

Plateaus erhalten ihre abwechselnde Bewegung von einem Haspel, auf welchen sich 2 Säulen auf- und abwickeln. Dieser Haspel ist an derselben Welle mit mit 2 gleichgroßen Winkelrädern angebracht, die auf der Welle verschiebbar sind, um aus- und eingerückt werden zu können. Ein drittes Winkelrad ist zwischen den beiden ersten angebracht, und steht mit dem einen oder dem andern in fortwährendem Eingriff und dreht die Welle entweder nach der einen oder nach der andern Seite. Dieses dritte Winkelrad selbst erhält durch eine kleine Dampfmaschine eine ununterbrochene drehende Bewegung. Mittelst dieses Apparats kann der Maschinenwärter, welcher den Betrieb der geneigten Ebene regulirt, den Haspel durch Aus- und Einrücken des einen oder des andern Rades, eine wiederkehrend rotirende Bewegung geben, wozu er einen Hebel anwendet. Der Maschinenwärter braucht übrigens nur den Apparat in Bewegung zu setzen; denn durch ein System von Hebeln, welches bei Ankunft der Plateau's am Ende ihres Laufes in Bewegung gesetzt wird, den beweglichen Muff in eine mittlere Stellung bringt, so daß die beiden Räder auf der Haspelwelle leer gehen, unterbricht jede Mittheilung der Bewegung zwischen der Maschine und dem Haspel, so daß der letztere zu dem gehörigen Zeitpuncte stehen bleibt.

Man bringt auf diese Weise nicht allein die Erze erster und zweiter Classe, welche mittelst des ersten Prozesses geröstet werden müssen, in das Innere der Hütte, sondern auch die Erze 3ter, 4ter und 5ter Classe, welche ungeröstet mittelst der Prozesse II, IV und VI verschmolzen werden. Letztere werden unmittelbar von der Eisenbahn in die Magazine i i gestürzt, die zwischen den Röstöfen in gleicher Ebene oder etwas über der Hüttensohle angebracht worden sind. Dieselben Magazine nehmen auch, in besonderen Räumen, die gerösteten Erze auf. Alle diese Erze werden je nach dem Bedürfniß dort weggenommen, um sie bei den Prozessen II, IV und VI weiter zu verarbeiten. Die sehr reichen Erze (6te Classe), welche in geringer Menge bei dem Prozeß IX zugesetzt werden, die Abfälle bei den Kupferwalz-Werken und andere reiche Substanzen, welche bei dem Schmelzen IV zugesetzt werden, werden unmittelbar aus den Magazinen oder Lagerpuncten weggenommen, wohin sie bei der Anlieferung gebracht wurden.

Ziegelsteine, Thon, Eisen und andere Materialien, welche über das Meer zur Hütte gelangen, werden unmittelbar in die Magazine und in die Werkstätten gebracht, und zwar auf Rampen, welche die beiden Niveau's des Quai und der Hütte mit einander verbindet.

Die Brennmaterialien, die nicht unmittelbar mittelst Wagen von der Grube zur Hütte gebracht werden, gelangen auf einen Canal l l, der über der Hüttensohle liegt, herbei (Taf. III., Fig. 4 und 6.). Zuweilen gelangen die Böte durch ein kleines Becken m m noch näher zu der Hütte. Dort wird ihre Ladung mit Schaufeln in Karren geworfen, die auf einem Ufer f f stehen, welches höher als die Hütte liegt. Von dort aus werden diese Karren abwärts, auf den Rampen g g, zu den Oefen geführt.

Die zahlreichen Zwischenproducte, zu denen die Hüttenprozesse Veranlassung geben, werden auf der Hüttensohle entweder in Karren, oder in auf den Köpfen getragenen Trögen, die ungefähr einen englischen Centner enthalten, transportirt. Die Größe dieser Arbeit, welche dieser Transport erfordert, ist in den Tabellen Abschn. XIII näher nachgewiesen, indem dieselben auch die absolute Menge und die Bestimmung dieser verschiedenen Producte enthalten. Auf dem Grundriß, Fig. 4., Taf. III, hat man auch die Entfernungen bezeichnet, welche die verschiedenen Oefen trennen, d. h. die Ausgangs- und die Bestimmungspuncte. End-

lich sind auch auf der synoptischen Tabelle, Fig. 7., Taf. III. alle Einzelnheiten der innern Bewegung in einer Schmelzhütte übersichtlich dargestellt.

Die Producte endlich werden transportirt: das Kupfer in die Magazine n n, oder in das Walzwerk o o, die gewöhnlich beide am Ufer liegen, so daß das Kupfer in Zainen, oder als Blech, sogleich verschifft werden können. Die armen Schlacken und die Klinker werden auf ungeheure Halden p p gestürzt, die sich gewöhnlich in langen Haufen parallel mit dem Ufer hinziehen.

Um das Terrain, welches für diese Schlackenhaufen, ohne irgend einen Gewinn davon zu haben, erforderlich ist, so viel als möglich zu sparen, muß man die Schlacken oft bis auf eine Höhe von 30 Metern aufstürzen (Taf. III., Fig. 6.). Das Emporheben der aufzustürzenden Massen wird mittelst einer kleinen Dampfmaschine q, eines Haspels r und einer geneigten Ebene s s bewirkt, welche ganz dieselbe Einrichtung haben, als die Maschine zum Emporziehen der Erze.

Ehe die Schlacken aber ganz weggestürzt werden, schüttet man sie auf dem Hofe t t, in der Nähe der Halden auf, um sie zu untersuchen und die kupferhaltigen auszuscheiden.

Spezielle Beschreibung der, bei den zehn Hüttenprozessen angewendeten Oefen. — Diese allgemeinen Betrachtungen scheinen zum Verstehen der auf den Taf. I, II und III dargestellten Einzelnheiten hinreichend zu sein. Der Leser wird auf denselben die folgenden Eigenthümlichkeiten in Beziehung auf das zu jeder von den zehn Prozessen eigenthümliche Material erkennen.

I. Erzröstung.

Taf. III., Fig. 4, No. 1. Allgemeine Anordnung der zehn Röstöfen, mit ihrer gemeinschaftlichen Rampe mit Aufzug und gemeinschaftlicher Esse.

Taf. I., Fig. 1, 2 und 3. Darstellung eines Röstofens.

- a a Roststäbe, die dem Klinker als Stütze dienen.
- b b Fester Klinker (siehe Abschn. III.), der in dem Feuerraum die Stelle des Rostes vertritt.
- c c Klinker, der in der Berührung mit dem Brennmaterial steht; zum Theil ist er durch die Einwirkung der Wärme erweicht, in Röhren zerklüftet, durch welche die Luft in den Herd dringt.
- d d Staubartiges Brennmaterial, welches glühend ist, den obern Theil des Feuerraumes ausfüllt und durch den Klinker getragen wird.
- e e Brennbares Gas, gänzlich frei vom atmosphärischen Sauerstoff, der von der Vergasung des in dem Feuerraume eingeschürten festen Brennmaterials herrührt.
- f f Dünne Flammenschicht an der gemeinschaftlichen Gränze des brennbaren Gases e e, g g und des oxydirenden Gases h h.
- g g Gemenge des brennbaren Gases e e, welches unaufhörlich von dem Feuerraum herbeiströmt, und des verbrannten Gases i i, welches sich in der Flammenschicht f f bildet und sich in Folge seiner höhern Temperatur bis zum Gewölbe erhebt.
- h h Atmosphärische Luft welche durch die Arbeitsthüren und durch das Register v v einströmt. Diese mehr oder weniger schweflichte und Schwefelsäure enthaltende Luft veranlaßt zu gleicher Zeit die Erzröstung k k und die Verbrennung des Gases e g g in der Region f f.
- i i Verbranntes Gas, mit etwas brennbaren Gase e e und etwas Schwefelsäuren vermengt. Es nimmt in der Nähe des Fuchses p p fast die ganze Höhe des Ofens ein.

k k Erze auf der Herdsohle, welches geröstet werden soll.

l l Aufschütter oder Trichter, welche die Erzcharge aufnehmen. Wenn man das Register α α öffnet, welches durch die gekröpften Hebel β β, die der Arbeit zur Hand hat, bewerkstelligt wird, so fällt der Inhalt auf den Ofenherd. Oft sind diese Register aber auch so eingerichtet, daß der Arbeiter, um sie zu öffnen, auf das Ofengewölbe steigen muß.

m m Hölzerner Schienenweg über den Aufschüttern. Man transportirt darauf mit einem Karren die Erze 1. und 2. Classe, welche in den Aufschüttern ausgestürzt werden, während die, ebenfalls darauf geförderten Erze (3., 4. und 5. Classe), roh in die Schmelzungen II, IV und VI gelangen.

n n Herdsohle, nach der Wegnahme der gerösteten Charge gesehen.

o o Feuerbrücke.

p p Zwei Füchse am Ende des Ofens, mittelst deren die verbrannten Gase i i ausströmen.

p' p' Horizontaler Canal, welcher die beiden Füchse p p mit dem geneigten p'' p'' in Verbindung setzt.

p'' p'' Geneigter Canal, welcher zu dem allgemeinen Canal q q führt.

q q Horizontaler Canal, welcher die Gase von fünf Oefen einer gemeinschaftlichen Esse zuführt.

r r Vier Arbeitsthüren, welche während des größten Theils von dem Betriebe mit gußeisernen Platten s s verschlossen sind. Dieselben passen sehr genau in einen gußeisernen Rahmen mit Falz. Jede Thürplatte hat eine runde Oeffnung von 0,015 Met. Oeffnung.

t t Vier senkrechte, während des Betriebes mit gußeisernen Platten verschlossene Canäle. Sie stehen mit dem Behälter u u in Verbindung, und es fällt durch dieselben das geröstete Erz von den Ofenherden in den Behälter.

u u Behälter, in welchen das Erz hineinfällt.

v v Register, durch welches eine gewisse Menge kalte Luft in die oxydirende Region h h des Ofens einströmt.

x x Thür, durch welche das Brennmaterial in den Ofen gebracht wird; sie wird durch Anhäufung von Staubkohlen verschlossen.

y y Aschenfall, in welcher sich die Reste von dem Klinker und die kleinen Coaks, welche durch den Herd fallen, anhäufen.

Taf. I., Fig. 4. Senkrechter Durchschnitt der Esse, welche für die zehn Röstöfen gemeinschaftlich ist. Verbindung dieser Esse mit dem allgemeinen Fuchs und mit den partiellen Canälen.

Taf. I., Fig. 5. Allgemeine Einrichtung der Pfeiler und Gewölbe, welche den allgemeinen Fuchs der Röstöfen tragen; Thüren, welche die beiden Hütten, in denen die Röstung I und die Schmelzung II verrichtet werden, in Verbindung setzen.

II. Schmelzen auf Bronze-Stein.

Taf. III., Fig. 4, No. 2. Allgemeine Stellung der sechszehn Schmelzöfen, die diesem Prozeß gewidmet sind.

Taf. II., Fig. 1, 2, 3, 4 und 5. Details eines Schmelzofens.

a a Stäbe, welche den Klinker tragen.

b b Fester Klinker, der in dem Feuerungsraume die Stelle des Rostes vertritt.

c c Klinker in Berührung mit dem Brennmaterial, zum Theil durch die

Einwirkung der Wärme erweicht. In dieser teigigen Masse sind zwei Arten von Oeffnungen vorhanden: weitere d d, zum Einströmen der atmosphärischen Luft g g, und weit zahlreichere Oeffnungen e e, welche dazu dienen, die erforderliche atmosphärische Luft zuzulassen und das staubförmige Brennmaterial in brennbares Gas h h zu verwandeln.

f f Sehr lebhafte Flamme, welche von der gegenseitigen Reaction der beiden, fortwährend von dem Feuerungsraum angesaugten Gase der Luft g g und des brennbaren Gases h h, herrührt. Diese Flamme füllt den ganzen Raum zwischen dem Ofengewölbe und der auf der Herdsohle ausgebreiteten Charge aus.

i i Aufschütter, welche den pulverförmigen Theil einer jeden Charge aufnehmen; sobald der Schmelzer das untere Register k k aufzieht, fällt es auf den Herd nieder. Die Füllung der Trichter geschieht dadurch, daß die Arbeiter mit einer kleinen Leiter auf den Ofen steigen.

l l Fuchs, welcher die Flamme in die Esse führt.

m m Esse zur Hervorbringung des Zuges.

n n Theil der Sohle, welche beim Abstich nur von Schlacke bedeckt ist; sie hat von allen Seiten her einen Abfall nach dem Recipienten oder Tiegel o o.

o o Innerer Tiegel oder Rumpf, in welchem sich zu Ende des Schmelzens der ganze Stein sammelt, der von den Schlacken bedeckt wird. Der Schmelzer bringt in diesen Theil des Ofens, beim Schlackenabziehen durch die Thür, nie die Krücke, um nicht Steinkörner mit herauszunehmen.

p p Einzige Thür, die zur Arbeit auf dem Herde und zum Eintragen der Materialien (Schlacken) dient, welches in großen Stücken geschieht.

q q Gußeiserner Rahmen, der mit feuerfesten Ziegelsteinen ausgefüllt ist und mittelst einer Kette und eines Hebels bewegt wied; er dient zum Verschluß der Thüre p p. Dieser Rahmen liegt nur an der Wand des Ofens an, ist aber an seinen Rändern sorgfältig mit Lehm verstrichen.

1, 2, 3 und 4. Sandtiegel, in denen die, mit der Krücke durch die Thür p p abgezogenen Schlacken geformt und abgekühlt werden. Es werden diese Formen nach der Reihefolge der Nummern ausgefüllt. Die Stein-Granalien (Körner), welche noch nicht mit den Schlacken abgezogen worden sind, bleiben größtentheils in dem Becken No. 1 zurück.

r r Gußeiserne Rinne, aus welchen der Stein in ein mit Wasser angefülltes Gefäß fällt, wo er sich granulirt. Man läßt den Stein abfließen, indem man mit einer spitzen Brechstange eine Masse von thonigem Sand durchsticht, die sich in einer konischen Oeffnung t t in der Ofenwand befindet und den Herd mit der Rinne verbindet.

u u Blechener Cylinder, in einer mit Wasser angefüllten cylindrischen Vertiefung, auf dessen Boden der granulirte Stein sich anhäuft.

v v Röhre, welcher Wasser in den Cylinder u u führt.

x x Röhre, durch welche, wenn es nöthig ist, das durch die Röhre v v herbeigeführte Wasser abgeführt werden kann.

y y Krahn, mit welchem der Cylinder u u und sein Inhalt, auf die Hüttensohle gehoben wird.

z z Thüröffnung zum Einschüren des Brennmaterials auf den Rost; sie hat keinen eisernen Verschluß, sondern dieser wird nur durch angehäufte Staubkohlen bewirkt.

w Klinker-Stücke mit Steinkohlen-Cinders, auf dem Boden des Aschenfalles.

III. Röstung des Bronze-Steins.

Taf. III., Fig. 4, No. 3. Allgemeine Einrichtung der 8 Oefen, welche zur Röstung des Bronze-Steins dienen.

Der Ofen hat ganz dieselbe Einrichtung wie der, welcher zum Erzrösten verwendet wird. (Taf. I., Fig. 1 — 5.)

IV. Schmelzen auf gewöhnlichen weißen Stein.

Taf. III., Fig. 4, No. 4. Allgemeine Einrichtung der 5 Oefen, welche zur Darstellung des gewöhnlichen weißen Steins dienen.

Im Wesentlichen hat der Ofen dieselbe Einrichtung, wie der für den Bronze-Stein (Taf. II., Fig. 1 — 5.). Er hat, wie dieser letztere, einen Aufschütter und eine einzige Thür, welche am Ende der großen Achse liegt. Nur läßt man zur gleicher Zeit den Stein und die Schlacke durch die Oeffnung t t abfließen, indem man den Damm s durchsticht. Statt daß diese Materialien in Wasser laufen, werden sie von einer langen Spur aufgenommen, die aus Sand besteht und wie sie für den Röstofen (Taf. I., Fig. 6.) eingerichtet ist. Der Klinker ist in diesem Ofen, so wie in allen folgenden, auf dieselbe Weise vorgerichtet, wie in dem, in welchem der II. Prozeß ausgeführt wird. (Taf. II., Fig. 2.)

V. Schmelzen auf blauen Stein.

Taf. III., Fig. 4, No. 5. Allgemeine Einrichtung, welche zur Darstellung des blauen Steins dienen.

Der Ofen ist gänzlich auf dieselbe Weise eingerichtet wie der, welcher zum IV. Prozesse dient.

VI. Verschmelzen der reichen Schlacken auf weißen oder rothen Stein.

Taf. III., Fig. 4, No. 6. Allgemeine Einrichtung der beiden Oefen, welche zum Schlackenschmelzen angewendet werden.

Taf. II., Fig. 6, 7 und 8. Details des Ofens, welcher zu dem Schlackenschmelzen angewendet wird.

Der Ofen ist in seinen Haupttheilen wie der zu den Prozessen IV und V eingerichtet, nur unterscheidet er sich von demselben dadurch, daß er keinen Aufschütter hat, welcher, da nur große Stücke eingeladen werden, ganz unzweckmäßig sein würde. Dagegen ist eine Seitenthür a a angebracht, durch welche man den der Brücke am nächsten liegenden Theil des Herdes besetzt. Der andere Theil des Herdes wird durch die Thür besetzt, welche am Ende der großen Achse angebracht ist.

Die Spur zum Abstich nimmt zu gleicher Zeit die kupferhaltigen Böden, die Zinnlegirung, den Stein und die Schlacke auf, welche sich in der Ordnung ihrer Dichtigkeiten über einander absetzen.

VII. Röstung auf weißen Stein (Extraprozeß).

Taf. III., Fig. 4, No. 7. Allgemeine Einrichtung des Ofens für die Röstung des weißen Steins.

Der Ofen ist wie der zum Prozeß VI eingerichtet und unterscheidet sich von demselben nur durch ein Register, welches auf einer der Seiten von der Brücke angebracht ist, und durch welches atmosphärische Luft einströmt. Die Einrichtung und die Dimensionen des Registers sind dieselben, wie bei den großen Röstöfen, welche zum Prozeß IX dienen. (Taf, I., Fig. 6, 7 und 8.)

VIII. **Röstung auf Concentrationsstein.**

Taf. III., Fig. 4, No. 8. Allgemeine Einrichtung des Röstofens für Concentrationsstein.

Dieser Ofen ist ganz so eingerichtet wie der, welcher zum VII. Prozeß angewendet wird.

IX. **Röstung des gewöhnlichen weißen Steins, des Concentrationssteins und der kupferhaltigen Böden.**

Taf. III., Fig. 4, No. 9. Allgemeine Einrichtung der 4 Oefen, welche zur Darstellung des Rohkupfers angewendet werden.

Taf. I., Fig. 6, 7 und 8. Details eines Röstofens von großen Dimensionen. Die horizontalen Dimensionen des Herdes zeigen bedeutende Verschiedenheiten, sowohl in verschiedenen Hütten, als auch in einer und derselben.

X. **Gaarmachen des Rohkupfers.**

Taf. III., Fig. 4, No. 10. Allgemeine Einrichtung der beiden Gaaröfen.

Taf. III.. Fig. 1, 2 und 3. Details des Gaarmachofens.

a a Erdgewölbe dieses Ofens, in welchem sich das durchdringende Kupfer sammelt; Herd b b, b′ b′ und Gewölbe c c.

b b Sand-Herd, welcher in unmittelbarer Berührung mit dem Kupfer steht, und den man bei jedem Neubau des Ofens wegnimmt, während der untere Herd b′ b′, so wie auch das Gewölbe c c bleiben.

d Kleiner Tiegel, den tiefsten Punct des Herdes bildend, aus welchem man mit der Kelle die letzten Theile des Gaarkupfers ausschöpft.

Das Brennmaterial und der Klinker haben ganz dieselbe Anordnung, wie in den Schmelz- und Röstöfen (Taf. II., Fig. 2.). Die Röstöfen für die Prozesse I und III sind die einzigen, bei denen der Feuerungsraum die auf Taf. I., Fig. 2, angegebene Einrichtung hat.

Die Figuren, welche die Taf. IV zusammensetzen, beziehen sich auf die chemische Analyse der Materialien und der Producte der Kupferhütte. Alle zu denselben erforderlichen Erläuterungen sind in dem Abschn. XVI mitgetheilt.

Inhalt.

Einleitung.

I. Allgemeiner Zustand des Hüttenwesens.

II. Allgemeiner Charakter der Waleser Methode.

III. Erster Prozeß. — Erzröstung.

IV. Zweiter Prozeß. — Schmelzen auf Bronze-Stein.

V. Dritter Prozeß. — Röstung des Bronze-Steins.

VI. Vierter Prozeß. — Schmelzen auf weißen Stein.

VII. Fünfter Prozeß. — Schmelzen auf blauen Stein.

VIII. Sechster Prozeß. — Schlackenschmelzen.

IX. Siebenter Prozeß. — Schmelzen auf weißen Extrastein.

XV. — Jetzige Beschaffenheit und Zukunft des Kupferhandels.

XVI. Anhänge. — Chemische Untersuchungen über die Waleser Methode.

XVII. Fabrikations-Inventar einer Waleser Schmelzhütte.

östen des Concentrations-Steins (Prozess IX)

(Fig. 6. 7 u. 8)

Die

Augustin'sche Silberextraction

in

ihrer Anwendung

auf

Hüttenproducte und Erze.

Die

Augustin'sche Silberextraction

in

ihrer Anwendung

auf

Hüttenproducte und Erze

von

August Grützner.

Mit 4 Kupfertafeln in groß Folio.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1851.

Sr. Hoch- und Wohlgeboren,

dem Herrn

Friedrich Constantin Freiherrn von Beust,

Königl. Sächs. Berghauptmann, Director des Oberbergamtes
und Blaufarbenwerkscommissarius, Ritter des Königl. Sächs. Verdienstordens und
des Kaiserl. Russ. St. Annenordens zweiter Klasse,

als Beweis

der innigsten Verehrung

gewidmet

vom Verfasser.

Vorrede.

Wenn man bedenkt, daß schon seit vielen Jahren Wetzlar die Eigenschaft der concentrirten Kochsalzlauge, feinzertheiltes Chlorsilber aufzulösen, erkannt und der chemisch gebildeten Welt als interessante Neuigkeit übergeben hatte; wenn man bedenkt, daß schon längst die Wissenschaft den Amalgamationsproceß aufgehellt und die Chlorsilberbildung bei demselben nach vielen Anstrengungen nachgewiesen hatte; wenn man ferner bedenkt, wie unendlich einfach der Extractionsproceß ist, indem er im Allgemeinen nur »in einem Auflösen des beim Rösten mit Kochsalz entstandenen Chlorsilbers in concentrirter Kochsalzsolution und Zersetzung dieser Chlorsilberlösung mittelst metallischen, immer wieder gewonnenen Kupfers« besteht; wenn sogar ein ähnlicher Proceß vermittelst Aetzammoniak von Gmelin und Rivero angedeutet worden war, ja selbst in Frankreich schon einer Ausführung sich zu erfreuen gehabt hatte *), so muß man in der That staunen, wie es der neuesten Zeit vorbehalten bleiben konnte, eine Anwendung von der genannten Eigenschaft der Kochsalzlauge in dem Gebiete der Metallurgie zu finden. Denn erst in diesem Jahrzehnt

---

*) Ann. d. min. T. XIV. V. livr. d. 1848. pag. 331.

hat **Augustin**, Berggeschworner in Eisleben, die Umstände erkannt, durch welche erwähntes Princip erst zu einer vollkommen industriellen Methode erhoben werden konnte, und seinen vielfachen Bemühungen und seiner eisernen Beharrlichkeit ist es gelungen, Kupferstein nach vorausgegangenem Rösten mit Salz durch Laugen mittelst concentrirter Kochsalzauflösung mit einem bedeutenden Gewinne gegen die Amalgamation zu entsilbern.

Hierauf wurde in Freiberg dieselbe Aufgabe in Bezug auf Silbererze in Folge der großen Ausdauer und des hohen, jedem Fortschritte huldigenden Unternehmungsgeistes der dortigen Behörden ebenfalls glücklich gelöst, wie auch vom Verfasser durch vielfache, allerdings bisher nur im kleinen Maßstabe ausgeführte Versuche eine sehr günstige Entsilberung des Rohsteins, der Speise und der bleifreien, antimonhaltigen Schwarzkupfer erzielt worden ist, so daß wenigstens sämmtliche Hüttenproducte und Erze, welche bisher durch die Amalgamation zu Gute gemacht worden sind, extrahirt und somit wegen der Ersparung des Quecksilbers und Umtriebsmaschinen billiger verarbeitet werden können.

Der systematischen Anordnung gemäß sollte zwar die Extraction der Erze zuerst behandelt werden, jedoch erlaubt sich der Verfasser die Kupfersteinextraction, nicht nur, weil sie zuerst technische Anwendung gefunden, sondern auch den glänzendsten Sieg über alle anderen Processe davon getragen hat, der Erzextraction vorauszuschicken und das Ganze in zwei Haupttheile:

I. Extraction der Hüttenproducte:

des Kupfersteins,
des Schwarzkupfers,
der Speise und
des Rohsteins;

II. Extraction der Erze:
der rein kiesigen Erze, sowie
der reinen Dürrerze oder
eines Gemenges von kiesigen und
Dürrerzen

zerfallen zu lassen, nebenbei aber der ebenfalls von ihm mit größter Aufmerksamkeit verfolgten Ziervogel'schen Methode: »der Bildung von schwefelsaurem Silberoxyde und Zersetzung der Auflösung desselben in heißem Wasser ebenfalls mittelst Kupfers« als Anhang Erwähnung zu thun. Ueber die Becquerel'sche Methode hat man bis jetzt zu wenig Aufschluß, so daß der Verfasser ebenfalls im Anhange nur die Idee davon anzugeben vermag. Gleichfalls nur als Anhang konnte die Entgoldung der Producte und Erze durch die Extraction mittelst concentrirter Kochsalzlauge behandelt werden, da dieser Proceß noch nicht die nöthige Vollkommenheit erlangt hat und somit hier nur der Impuls zum weiteren Studium gegeben werden kann.

Welch weiter Schritt von der Manipulation in Kölbchen und Bechergläsern bis zur Ausführung ist, davon liefert die Extraction den schlagendsten Beweis, wiewohl wiederum nicht zu leugnen ist, daß man mit guten chemischen Kenntnissen, einer gesunden Theorie und einem verständigen Geiste ausgerüstet weit eher die Ursachen eines jeden Verfahrens und der Erscheinungen einsehen, begreifen und beurtheilen oder auch bei vorfallenden Schwierigkeiten solchen leichter abhelfen kann, als mit einer rein empirischen Kenntniß. Deshalb sieht der Verfasser es auch für unerläßliche Pflicht an, sowohl die geringsten praktischen Kunstgriffe zu beschreiben, als auch die Theorie jedem einzelnen Processe so ausführlich und gründlich hinzuzufügen, daß ein Jeder, mag er auch nur mangelhafte chemische Kennt-

nisse besitzen, alle während der Ausführung vorkommenden Erscheinungen ohne Zeit und Geld raubende Analysen sich erklären und danach vorgekommene Fehler abzuändern vermag.

Diejenige Durcharbeitung und diejenige Gleichmäßigkeit, Einheit und Abgeschlossenheit, wie man von gelehrten Werken zu erwarten berechtigt ist, wird der geehrte Leser allerdings in diesem kleinen Werkchen nicht finden, weil dann die dem Verfasser überaus spärlich zugemessene freie Zeit die Vollendung der Arbeit ungemein verzögert und dadurch den ganzen Zweck derselben vereitelt haben würde, nämlich die baldigste Verbreitung erwähnter Silbergewinnungsmethode durch diesen Leitfaden, der aus der Quelle langer und vielseitiger Erfahrungen geschöpft ist, in der hüttenmännischen Welt zu befördern, und den bisher um die Extraction streng gehüllten mystischen Mantel, der jederzeit dem Emporstreben der Industrie so sehr geschadet hat, so schnell als möglich abgeworfen zu sehen.

Schließlich kann ich nicht umhin, meinem Freunde C. R. Bornemann für die beigefügten Zeichnungen hierdurch öffentlich meinen Dank abzustatten.

Muldner Hütte bei Freiberg, den 31sten October 1850.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

Erster Theil.

Extraction der Hüttenproducte.

Erster Abschnitt.

Extraction des Kupfersteins.

Abtheilung III. Nacharbeiten.

Zweiter Abschnitt.

Extraction des Schwarzkupfers.

Abtheilung I. Vorbereitende Arbeiten.

Abtheilung II. Hauptarbeiten.

Dritter Abschnitt.

Vierter Abschnitt.

Extraction der Speise.

Abtheilung I. Vorarbeiten.

Abtheilung II. Hauptarbeiten.

Zweiter Theil.

Extraction der Erze.

Literatur.

Moniteur industriel 1847, 1165.
Dingler pol. Journ. CVI. 75.

Erster Theil.

Extraction der Hüttenproducte.

Erster Abschnitt.

Extraction des Kupfersteins.

Einleitung.

Unter allen Methoden, das Silber aus Kupferproducten zu scheiden, ist die Saigerung die älteste und die noch ziemlich verbreitetste; aber wie höchst unvollkommen der Saigerhüttenproceß ist, beweisen hinlänglich nicht nur die vielen und rühmlichen Anstrengungen zur Veränderung und Verwerfung desselben, sondern auch das Aufsehen, welches durch jede, wenn auch noch so geringe Abänderung in der hüttenmännischen Welt sogleich erregt wurde. Welchen großen Hoffnungen gab man sich nicht hin, sobald man von dem sogenannten hydrostatischen Schmelzen hörte! Welche Erwartungen hegte man nicht überall von der Amalgamation des Kupfersteins! Wie gern griff man zuletzt nicht selbst nach einer mit Anwendung von Säuren verbundenen Manipulation. Aber das hydrostatische Schmelzen wurde selbst da abgeworfen, wo es zuerst aufgetaucht war und wo man es hinlänglich mit allem Eifer geprüft hatte. Die Amalgamation schien sich leider nur da Bahn brechen zu können, wo man es mit Producten zu thun hatte, in denen der Gehalt an Blei wenigstens sehr gering

Hydrostatisches Schmelzen.

Amalgamation.

war. Eben so wenig konnte der in Freiberg ausgeführte, der Methode von Serbat *) ähnliche Versuch, den zugebrannten Kupferstein in verdünnter Schwefelsäure aufzulösen, die kupferhaltige Solution auf Vitriol zu versieden und den silber- und bleihaltigen Schlamm der Bleiarbeit zurückzugeben, sich einer Einführung im Großen wegen der mit dieser Methode verknüpften bedeutenden Kosten und Metallverluste erfreuen. Eben so hat man von der Ausführung des Versuchs, den Bleistein nach erfolgter, höchst sorgfältiger Röstung mit bleiischen Vorschlägen sogleich zu Frischstücken zu verschmelzen, nach den auf der Gustav-Adolphshütte in Fahlun gefundenen Schwierigkeiten auf anderen Hütten abstehen müssen. Durch ein Eintränken des Schwarzkupfers in flüssiges Blei würde man zwar der Nothwendigkeit entgehen, das Blei einem heftigen Gebläse auszusetzen; aber ob dieses Verfahren in technischer und ökonomischer Beziehung genügen würde, möchte wohl noch zu bezweifeln sein. Daher sah man sich bisher da, wo auch die Amalgamation nicht zum Ziele führen wollte, genöthigt, immer wieder zu dem Saigerprocesse zurückzukehren, zu einem Processe, der wahrhaft berüchtigt ist durch seinen nicht zu vermeidenden, oft 50, ja 70 Proc. des ausgebrachten Garkupfers übersteigenden Bleiverlust, so wie auch durch den langen, ihm sich nachschleppenden Schweif von Nebenproducten und Nebenarbeiten, wodurch nicht nur ein nicht unbedeutender Theil von Kupfer und Silber in's Weite, wo nicht gar der Wiedergewinnung verloren geht, wodurch nicht nur Blei, Brennmaterial und Arbeitslohn consumirt wird, sondern auch der ganze Proceß nie zum Ende und zu einem wahren Abschlusse gelangt. Dieser letztere Uebelstand würde aber bei der bekannten Schwierigkeit, den Metallgehalt in den einzelnen Saigerproducten genau zu bestimmen, nur um so größer, sobald man den Saiger-

Nasser Weg nach Serbat.

Verschmelzen des Bleisteins zu Frischstücken.

Eintränken des Schwarzkupfers.

Saigerproceß.

*) Schweiger, Jahrbuch der Chemie und Physik. 1827, S. 282.

hüttenproceß mit einem Silber- und Bleihütten-proceß eng vereinigen wollte, um, wie man oft äußern hört, die den ganzen Proceß so sehr vertheuernden Nebenproducte gelegentlich, ohne besonderen Aufwand, mit durchzuschmelzen.

Saigerproceß in Verbindung mit einer Blei- und Silberhütte.

Wiewohl nicht geleugnet werden kann, daß das Saigerwerkblei als Vorschlag bei der Bleiarbeit in Folge seines, oft mehrere Procent betragenden Kupfergehaltes auf den Ofengang nur eine sehr günstige Wirkung ausüben würde, so möchte doch noch zu bezweifeln sein, daß es seinen Kupfergehalt an den Bleistein abgäbe, so daß man es lieber mit anderem reichen Werkblei sogleich abtreibt, wie man auch dieses Verfahren bei den ebenfalls armen, von der armen Bleiarbeit erhaltenen Werken vorzuziehen pflegt, trotzdem daß man dem Anscheine nach den Treibeverlust und Kosten ersparen würde.

Von den übrigen Nebenproducten, die in Summa immer noch das Achtfache des ausgebrachten Garkupfers weit übersteigen, sollte man zwar glauben, daß außer Heerd und Glätte noch Frischabstrich, Flugstaub, Frischsaigerdörner, Frischofenbruch, Saigerbacken, Darrgeschur und Garschlacken in Folge ihres hohen Bleigehaltes als Vorschlag zur Bleisteinarbeit benutzt, die kupferreicheren Producte aber, als Winkel, Darrofenbruch, Pickschiefer, Hüttenschlich, aufbereitetes Gargekrätz und Garschlich, durch dieselbe Arbeit mit Vortheil zu Gute gemacht werden könnten, zugleich aber auch die in dem Schwarzkupfer enthaltenen, dem Kupfer aber sehr schädlichen Bestandtheile, wie Antimon, Arsen und Zink, welche sich in den Nebenproducten vorzüglich anhäufen, wieder an Schwefel gebunden und beim Zubrennen des Kupfersteins leicht verflüchtigt würden; jedoch darf man in diesem sehr verlockenden Falle, wo nur eine langjährige, mit tiefer Auffassung aller Erscheinungen verbundene Praxis im Saiger- und Silberhüttenwesen zugleich ein entscheidendes Urtheil fällen kann, nur die nicht auf Vorurtheile basirte Thatsache am Kürzesten selbst sprechen lassen, daß man auf der großen, höchst zweckmäßig eingerichteten und mit der Bleihütte schon

seit Jahrhunderten eng verbundenen Saigerhütte zu Ocker es für gut findet, von den ganzen Saigernebenproducten nur die Krätzfrischschlacke, wovon von jeder Krätzbeschickung (160—180 Ctr. Krätze, 40 Ctr. Glätte oder Herd und 4—6 Ctr. Pochwerkskrätzschwarzkupfer) höchstens 24—30 Ctr. fallen und der Centner 20—30 Pfund Blei hält, der Bleiarbeit zu übergeben und alle übrigen lieber besonderen Arbeiten, der Krätzfrischarbeit und der Garschlackenarbeit, zu unterwerfen. Eben so wird in Lautenthal und Altenau, wo ebenfalls Saigerung mit der Blei- und Silberhütte eng vereinigt ist, nur die beim Verarbeiten des Saigerdarrgekrätzes fallende Saigerschlacke dem zweiten, dritten und vierten Steindurchstechen einverleibt und ebenfalls alle übrigen einer besonderen Arbeit, der Kupferschurarbeit, übergeben; nicht minder hat man in Andreasberg unter gleichen Verhältnissen für die sämmtlichen, nicht absetzbaren Saigernebenproducte die Kupferkrätzarbeit beibehalten.

Sonach würden durch eine Verschmelzung der Saigerung und der Bleihütten außer den Ersparnissen, die jedesmal ein größerer, vereinigter Betrieb darbietet, nur die Verarbeitungsunkosten der oben genannten Dörnerschlacken vermieden, dafür aber die auf manchen Werken schon bis auf eine enorme Höhe angewachsenen Bleischlackenvorräthe proportional vermehrt werden; ja selbst die Unkosten des Kupferbrechens könnten bei bleireichen Schwarzkupfern nicht einmal vermindert werden, indem alle bisher gemachten Versuche gescheitert sind, dergleichen Schwarzkupfer sogleich nach dem Abstechen, während es noch warm ist, zu zerbrechen.

Steinkohlen als Surrogat für Holzkohlen zum eigentlichen Saigerproceß zu verwenden, unterläßt gewiß ein Jeder, der das Saigern aus der Praxis hat hinreichend kennen gelernt, wenn er nur hat sehen wollen, wie trotz der dem Processe höchst angemessenen, allmähligen Erhöhung, höchst gleichförmigen Vertheilung und leichten Regulirung der durch Holzkohlen zu erzeugenden Gluth immer noch viel Kupfer mit fortgeführt wird, geschweige denn, wenn aus

Nachlässigkeit eine zu frühe Verstärkung des Feuers eintritt. Eher läßt sich beim Darren, wo es einmal nicht vermieden werden kann, daß die vorzüglich zuletzt abfließenden Schlacken einen Gehalt von 20 Proc. Kupfer und $1\frac{1}{2}$ Loth Silber erreichen, ein Vortheil durch Anwendung von guten Steinkohlen erwarten.

Der Augustinsche Extractionsproceß dagegen zeichnet sich gerade aus durch seine Einfachheit, durch die Schnelligkeit des Silberausbringens und durch seine vollständige und viel wohlfeilere Aufarbeitung ohne Erzeugung eines langen Gefolges von lästigen Nebenproducten, aus welchen man das Silber ohne neuen Verlust nicht gewinnen kann. Hierin vereinigt er sich mit der Amalgamation, gegen welche er im Allgemeinen und Wesentlichen eine vollkommenere Entsilberung, die Ersparung des Quecksilbers und der zum Betriebe der Garrostmühle, Anquickfässer und der Waschbottiche nöthigen Maschinerie zuläßt, ja bei einem speise- und bleifreien Producte das für die Amalgamation nöthige Mahlen des Garrostes, das wiederholte Hinein- und Herausbringen des Mehles in den Ofen und somit auch die dabei nie zu vermeidenden Verluste umgeht, dagegen den Nachtheil besitzt, daß er etwas mehr Brennmaterial verbraucht und einer immerwährenden Aufmerksamkeit der Arbeiter bedarf. Was den Einfluß des Extractionsprocesses auf die Gesundheit der Arbeiter anbelangt, so ist zu bemerken, daß beim Rösten und beim Füllen der Laugfässer der Arbeiter sehr den Chlordämpfen ausgesetzt ist; jedoch sind dieselben gewiß nicht so gefährlich als Quecksilberdämpfe.

Der Augustinsche Extractionsproceß.

Aber wie die Amalgamation, so verlangt der Extractionsproceß, wenn er nicht als ein nur den Gelddurst stillender Raubproceß betrachtet werden soll, unbedingt einen an Kupfer reichen Lech. Alle anderen Uebelstände, sogar ein bis auf 10, ja 15 Proc. steigender Bleigehalt, lassen sich durch eine gute Leitung des Processes vollkommen beseitigen; jedoch ein zu geringer Kupfergehalt wird jedesmal, selbst nach der vortrefflichsten Führung und ausgezeichnet günstigen Resultaten, nicht nur den Silbergehalt in

dem erzeugten Garkupfer zu einer ungern gesehenen Höhe concentriren, zumal da mehr Lech als Schwarzkupfer bei der Verarbeitung der entsilberten, kupferarmen Rückstände fällt, sondern auch die Metallverluste und nicht minder auch die Unkosten bedeutend erhöhen.

Die Wichtigkeit einer Kupfersteinconcentration oder der Kupfersteinspurarbeit, als Vorarbeit für den Extractionsproceß, ist daher einleuchtend, und ich habe im Folgenden zunächst die günstigsten Verhältnisse für das Spuren aufzuführen und näher aus einander zu setzen.

Abtheilung I.

Vorarbeiten.

Erstes Capitel.

Spuren des Kupfersteins.

Vergleich des Schachtofens gegen den Flammenofen.

So einfach das Verschmelzen eines mit drei bis höchstens fünf Feuern zugebrannten Steines, d. h. das Spuren oder Concentriren für den ersten Augenblick erscheinen mag, so schwierig ist es in der Ausführung, einestheils weil sich Schwarzkupfer oder sogar Eisensäuen dabei leicht ausscheiden, ein Uebelstand, mit welchem vorzüglich der Schachtofenproceß zu kämpfen hat, anderentheils weil bedeutende Kupferverluste eintreten können; und dieser letztere, höchst wichtige Umstand ist hauptsächlich beim Flammenofenprocesse zu berücksichtigen.

Was die ökonomischen Vorzüge des einen oder des anderen Processes anbelangt, so entscheiden darüber meist nur locale Verhältnisse. Das Vorkommen von Steinkohlen unmittelbar in der Nähe der Hütten, so wie Mangel an hinreichender und billiger Umtriebskraft, nicht minder auch das größere Durchsetzquantum werden jederzeit für den Flammenofenbetrieb sprechen, zumal da man bei demselben den Ankauf und die Unterhaltung aller Umtriebs- und Gebläsemaschinen umgeht, wiewohl dagegen die Erbauung und Unterhaltung sehr hoher Essen, die Nothwendigkeit der solidesten Herstellung des Ofens, die Kostbarkeit des dazu zu

verwendenden Materials und die sehr theueren Reparaturen ein nicht geringes Gewicht in die andere Wagschale legen können. Die Frage aber, ob das Brennmaterial bei dem oder bei jenem Processe nutzbarer und mit größerem Effecte verwendet wird, eine Frage, die bei der jetzt allgemein anerkannten Nothwendigkeit größtmöglicher ökonomischer Benutzung der Brennmaterialien die gewissenhafteste Berücksichtigung verdient, möchte wohl in vielen Fällen zu Gunsten des Schachtofenprocesses zu beantworten sein. Denn mag auch der Gasverlust beim Vercoaken sehr bedeutend sein, mag auch durch die Einwirkung der im Schmelzpunkte gebildeten Kohlensäure auf die darüber liegende Coaksschicht nicht nur viel Kohlenoxydgas, welches erst oberhalb der Schicht zur Verbrennung gelangt, verloren gehen, ja sogar durch die Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxydgas eine Temperaturverminderung im Ofenschachte eintreten: so ist doch nicht zu leugnen, daß in den Schachtöfen, da der pyrometrische Wärmeeffect des Coaks höher ist als der der Steinkohlen, auch der größte, für metallurgische Zwecke nur anwendbare Hitzgrad erzeugt werden kann, daß eine vollkommene Ausnutzung dieses Hitzgrades, weil der Coak und das Schmelzgut in fast unmittelbarer Berührung mit einander der chemischen Einwirkung ausgesetzt werden, erzielt wird, daß ferner aller Coak durch die Berührung mit dem aufsteigenden, heißen Gasstrome bereits einen bedeutenden Hitzgrad, also eine bedeutendere Zersetzungsfähigkeit erlangt, noch ehe er zur Verbrennung gelangt und daß man endlich den dazu nothwendigen Wind sehr genau abmessen kann, während man bei Flammenöfen die Feuerung nie so sorgfältig zu bedienen im Stande ist, daß stets eine vollkommene Verbrennung ohne ein Zuströmenlassen von überschüssiger Luft stattfindet; es wird vielmehr theilweise, vorzüglich beim Aufgeben des Brennmaterials, eine sehr unvollkommene Verbrennung, daher auch eine sehr unzureichende Benutzung desselben eintreten, theilweise wird aber auch, namentlich bei Erzeugung einer sehr hohen Temperatur, die durch den Rost einströmende Luft auf

ihrem sehr kurzen Wege durch die Kohlenschicht und den Schmelzraum nicht hinreichende Zeit finden, sich zu erwärmen und zu zersetzen, somit auf Kosten des Brennmaterials und der Hitze im Schmelzraume, ohne etwas zu nützen, neue Wärme absorbiren und erst in der Esse nach erfolgter Erlangung der nöthigen Wärme und vollkommener Mengung mit den noch unverbrannten Gasen zum größten Theile verbrennen, während die unbrennbaren Gase, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, sich mit dem aus dem Brennmateriale entwickelten Gase mengen und daher die Intensität der Hitze bei ihrer Verbrennung vermindern, wie ja auch das reine Kohlenoxydgas bei einer Verbrennung in atmosphärischer Luft einen höheren Hitzgrad entwickelt als der Kohlenstoff, weil ein Gewichtstheil Kohlenoxydgas im Ganzen nur 2,47 Gewichtstheile, ein Gewichtstheil Kohlenstoff aber 12,57 Gewichtstheile gasförmiger Verbrennungsproducte erzeugt, wenn der aus der atmosphärischen Luft abgeschiedene Stickstoff hinzugerechnet wird. Ferner hat man die Wärme in Anschlag zu bringen, die man zur Erzeugung des Luftzuges der Esse opfern muß, so wie die sehr bedeutende Abkühlung durch die Seitenwände und die Essenmauern. Alle diese Nachtheile des Flammenofens treten aber um so mehr hervor, je höher die Temperatur verlangt, ein je stärkerer Luftzug also erfordert und eine je geringere Zeit daher der Luft zu ihrer Erwärmung und Zersetzung gestattet wird, so daß die Berechnung von Peclet sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, wonach bei Flammenöfen für hohe Temperaturen die auf dem Herde genutzte Wärme nicht über $1/8$ bis $1/10$ derjenigen Wärme beträgt, welche das Brennmaterial bei seiner vollkommenen Verbrennung zu erzeugen im Stande ist.

A. Spuren im Schachtofen.

Die Ausscheidung von Schwarzkupfer ließe sich zwar durch ein unvollkommenes Zubrennen des Steins oder durch Kieszuschlag vermeiden; jedoch würde man hiermit die gewünschte Con-

centration des Kupfers im Spursteine durch eine einzige Arbeit nicht erreichen, sondern man würde sich genöthigt sehen, den theueren Spurproceß zu wiederholen. Hierbei hat man aber jedesmal bemerkenswerthe Verluste zu beklagen, und da durch die später folgende chlorirende Röstung des Steins die das Kupfer verunreinigenden Nebenbestandtheile zum größten Theile verflüchtigt werden, man somit der öfteren Concentration zur Ausbringung eines vorzüglich reineren Kupfers nicht bedarf, so hat man natürlich die Wiederholung der theueren Concentrationsarbeiten zu vermeiden; daher hat sich der Verfasser bemüht, in Folgendem die Ursachen der Kupferausfällung und die zu ihrer Umgehung geeignetsten Mittel aufzusuchen.

Besitzt das sich beim Spuren ausscheidende Schwarzkupfer die Eigenschaft, daß es sich, meistens in Folge eines geringen Antimongehaltes, nach einem starken Glühen zum feinsten Pulver verwandeln läßt, so ist mit der Schwarzkupferausfällung kein Nachtheil verbunden, sondern man extrahirt dann ebenfalls dieses Product, wie wir weiter unten in der Abhandlung über Schwarzkupferextraction werden näher kennen lernen. Ein Nachtheil tritt nur dann ein, wenn das ausgefällte Schwarzkupfer entweder schon zu rein, was jedoch nur höchst selten der Fall sein kann, oder zu reich an Blei ist, so daß es eine für die Extraction taugliche Zerkleinerung nicht zuläßt und man sich genöthigt sieht, dieses schon an und für sich höher als Spurstein zu verwerthende Product einem nochmaligen Verschmelzen mit rohem Steine oder Kies, oder wiederum der Saigerung zu übergeben. Außerdem concentrirt sich in dieser Art von Schwarzkupfer nebst vielen Unreinheiten, als Antimon, Blei, Arsen, Eisen 2c., noch der größte Theil des Silbers von der ganzen Beschickung, so daß es einen so hohen Reichthum an Silber erlangen kann, daß derselbe, wenigstens nach den bisher über die Schwarzkupferextraction, wie auch früher bei der Saigerung und Amalgamation gemachten Erfahrungen, eine gewisse Grenze überschreitet und ein nicht gern gesehener Silbergehalt in den Rückständen bleibt,

während der mit dem Schwarzkupfer zugleich erhaltene Lech oft so arm an Silber ausfallen kann, daß eine Gewinnung desselben aus diesem Producte nicht mehr von Vortheil ist und daß das daraus dargestellte Garkupfer oft noch mit einem Gehalte von 3 Loth dem Handel übergeben werden muß.

Die metallischen Ausscheidungen sind jedoch, sobald der Stein viel Blei, Arsen und Antimon enthält, selbst bei einem sehr geringen Grade der Röstung, gar nicht in einem Schachtofen, sei er auch noch so zweckmäßig construirt, zu umgehen, weil die beim Rösten sich bildenden Oxydationsstufen dieser Bestandtheile im Schachtofen durch die Kohle sogleich in den metallischen Zustand zurückgeführt und dann nicht nur die Oxyde des Kupfers, sondern auch das Eisenoxyd reducirt werden, so daß Legirungen von Kupfer, Eisen, Arsen und Antimon sich ausscheiden müssen.

Im Allgemeinen aber wird bei von Blei, Arsen und Antimon freien Steinen um so weniger Schwarzkupfer ausfüllen können, je höher die Temperatur im Ofen, auf einen je geringeren Raum daher der Schmelzpunkt concentrirt, eine je kürzere Zeit folglich der Stein während seines Niedergehens bis zum Schmelzpunkte dem Glühen und dem damit eng verbundenen Metallverluste ausgesetzt, je schneller der schmelzende Stein dem oxydirend wirkenden Einfluß des Gebläses entzogen, je eher die Gebläseluft im Ofen zersetzt, je mehr das ausgezeichnet reducirend wirkende Kohlenoxydgas im Schachtraume erhalten, je vollkommener ebenfalls nur in Folge einer sehr hohen Temperatur das die Kupferausscheidung sehr begünstigende Blei verbrannt und je länger der geschmolzene Stein, geschützt durch eine starke Schlackendecke vor der Einwirkung des Gebläses, im schmelzenden Zustande erhalten wird. Im letzteren Falle nämlich wird das schon erzeugte metallische Kupfer von den noch nicht vollständig mit Metall gesättigten, im Ansammlungsraume des Ofens noch flüssig befindlichen Schwefelverbindungen aufgelöst, ja sogar der Spurstein noch durch die in Folge der oxydirenden Wirkung der an Oxyden reichen Kupferschlacke auf das Schwefeleisen (des Steins)

und Verschlackung desselben an Kupfer angereichert. Allen genannten Anforderungen, so wie denen der Brennmaterialersparniß und des höheren Durchsetzquantums entspricht unter den Schachtöfen ein Halbhohofen mit geschlossener Brust und einem im Ofen befindlichen Ansammlungsraum, so wie zum Theil auch die Anwendung von heißer und nicht zu starker Gebläseluft; während bei einem Ofen mit offener Brust und Anwendung von kalter Gebläseluft der größte Theil des auf die schwefelsauren Metalloxydsalze vortrefflich reducirend wirkenden Kohlenoxydgases durch das Auge entfernt wird, somit das schwefelsaure Kupferoxyd, wie auch die übrigen schwefelsauren Salze in Folge der Zersetzung der Schwefelsäure in Sauerstoff und schweflige Säure oxydirend auf die noch unzersetzten Schwefelmetalle wirken werden und der Ofen durch den Verlust der heißen Gase, wie auch durch den unvorbereitet eingeleiteten und daher sich erst im Schachtraume auf Kosten des Brennmaterials zersetzenden und erwärmenden Wind abgekühlt wird. Aus diesen Gründen wird man auch in einem Krummofen, wo ein sehr scharfes und heftiges Gebläse nöthig ist, das meiste Schwarzkupfer erhalten.

Ein Ofen mit geschlossener Brust.

Ein Ofen mit offener Brust.

Die Führung eines Ofens mit geschlossener Brust ist allerdings, wie auch die bei Anwendung von heißer Gebläseluft, viel schwieriger, indem man nicht nur durch Zusatz von Quarz, oder (ökonomischer) reiner quarziger Kupfererze einen saigeren Gang erzielen muß, sondern auch vielmehr mit Bühnen und Geschur zu kämpfen haben wird; ja man würde sich sogar in die Nothwendigkeit versetzt sehen, einen Ofen mit offener Brust nebst kalter Gebläseluft anzuwenden, wenn ein sehr bedeutender Fall von Eisensauen selbst durch Quarz- oder sogar Kieszuschlag nicht zu verhindern ist, weil bei dieser Art Oefen nicht nur kleine Eisensauen bequemer herausgeschafft werden können, sondern auch das das Eisenoxyd bei sehr hoher Temperatur sehr leicht reducirende Kohlenoxydgas aus dem Schachtofen zum größten Theile entfernt und bei der so entstehenden niedrigeren Temperatur im Ofen eine

bessere Verschlackung des Eisenoxyds erzielt wird. Zugleich ist noch hinzuzufügen, daß man bei letztgenannten Verhältnissen eine viel bedeutendere Menge des im Steine enthaltenen Bleies gewinnt, wodurch oft die Wahl der Oefen mit offener Brust und Anwendung von kalter Gebläseluft ganz bestimmt vorgeschrieben werden kann.

B. Spuren im Flammenofen.

Aus eben erwähnten Gründen, vorzüglich in Folge des oxydirenden Einflusses des Gebläses, werden Schachtöfen, mögen sie auch noch so zweckmäßig construirt sein, nie eine solche Concentration des Kupfers ohne Schwarzkupferbildung in dem zu erhaltenden Producte gestatten, als Flammenöfen, wo das zu concentrirende Product von einer rein reducirenden Flamme stets umgeben ist, somit nur die Oxyde und Salze auf die noch unzersetzt gebliebenen oder zum Theil schon reducirten Schwefelmetalle einwirken können, wo die Schwefelmetalle so lange im Ofen zurückgehalten werden, daß alles etwa sich während des Processes ausscheidende metallische Kupfer davon sofort aufgelöst wird, wo Eisensauen sich nicht bilden, weil hier nicht Kohle oder Kohlenoxydgas, sondern Schwefel das vorherrschende Reductionsmittel ist, wo aber auch, da der Stein der höchsten Temperatur lange ausgesetzt zu sein pflegt, bei der geringsten Unaufmerksamkeit bedeutendere Kupferverluste zu beklagen sein können, als bei Schachtöfen.

Da der Flammenhüttenbetrieb meistens in den Händen von Privatleuten ruht, ein gründliches Studium desselben und eine sorgfältige Ermittelung der Verluste bei den einzelnen Arbeiten fast ganz unmöglich gemacht wird, aber auch nur dieser Proceß die günstigsten Verhältnisse für das Spuren darbietet, so sehe ich mich genöthigt, in den Flammenofenprcoeß tiefer einzugehen, als ich es für den allgemein bekannten Schachtofenproceß im Vorhergehenden für nothwendig gehalten habe.

Die zum Spuren angewandten Flammenöfen sind auf Taf. IV.

a) Flammenofenconstruction.

in Fig. 1 im Längendurchschnitt, Fig. 2 im Grundriß, Fig. 3 im Horizontaldurchschnitt durch die Heerdplatten, Fig. 4 im Querdurchschnitt durch die Füllöffnung, Fig. 5 in der Seitenansicht, Fig. 6 in der oberen Ansicht und auf Taf. III. in der Vorderansicht dargestellt.

Unmittelbar auf dem Fundamente (Fig. 1, 2, 3), welches gewöhnlich ein massives Gewölbe nebst einer darüber liegenden Ziegelschicht oder auch gußeiserne, durch mehrere Tragsäulen *a* unterstützte, ebenfalls aber mit einer Ziegelschicht *c* bedeckte Platten *b* bilden, ruht einer der wichtigsten Theile des ganzen Ofens, der Schmelzheerd *d*. Derselbe besteht meistens aus einem feuerfesten Sande oder aus einer künstlich zusammengesetzten Masse, d. h. aus stark zugebranntem, fein gesiebtem Quarz und Schlacke von einer hohen Silicirungsstufe, und hat eine derartige muldenförmige Gestalt, daß er von allen Seiten, d. h. von der Feuerbrücke *e*, von einer der Längenseiten des Ofens *f* und von der Arbeitsthür *g* weg nach dem Stichloche *h* zu, das in der Mitte einer der Längenseiten des Ofens angelegt ist, abläuft, so daß das Abstechen des flüssigen Steins aus dem Ofen vollkommen bewerkstelligt werden kann. Was die Verhältnisse des Essenquerschnittes zur Rostfläche, die Lage des Rostes, die Dimensionen der Feuerbrücke ꝛc. betrifft, so hängen diese vorzüglich von der Beschaffenheit der Steinkohlen ab; sie werden am Sichersten, da die Resultate der Berechnung in der Praxis nie erreicht werden, durch besonders vorgenommene Versuche ermittelt, und die beigegebenen Zeichnungen, welche vorzüglich für backende und ziemlich gut schlackende Steinkohlen mittlerer Sorte bestimmt sind, werden hinreichend zum ersten Anhalten dienen. Im Allgemeinen hat hauptsächlich für wenig flammende, aber kohlenstoffreiche Brennmaterialien ein tief liegender Rost vor den weniger tief liegenden Rosten den Vorzug, daß eine fast immer gleich starke Lage von Brennmaterial auf dem Roste liegt, so daß nicht allein die durch den Rost eindringende atmosphärische Luft ohne Aufwand durch die poröse, heiße Aschenschlacke erwärmt wird, sondern auch stets mit glühendem Brennmaterial in Berührung kommt und unzersetzt schwieriger in den Ofen treten

kann; ferner daß eine zur augenblicklichen Verbrennung nöthige Hitze stets im Feuerungsraume vorhanden bleibt und die Destillationsproducte mit den Producten aus der Verbrennung der festen Bestandtheile des Materials sich in verhältnißmäßig constanteren Mengen entwickeln, also die Destillationsproducte zu einzelnen Zeiten, wie z. B. beim Aufschütten von frischem Brennmaterial, nicht in dem Grade vorherrschen, und daher auch weniger in einer schwarzen Rauchsäule unbenutzt verloren gehen. Von Vortheil aber ist es, den durch die stärkere Lage von Brennmaterial geschwächten Luftzug durch große Stücken Steinkohle, die gleichsam als Auflockerungsmittel in diesem Falle dienen, zu ersetzen.

Was die Feuerbrücke *e* anbelangt, so muß sie ziemlich stark gemacht werden, nicht nur um dem nachtheiligen Einflusse der sie gern unterwaschenden flüssigen Schlacken längeren Widerstand zu leisten, sondern auch um die darüber hin ziehenden unverbrannten Gase mit der überschüssigen, noch nicht zersetzten Luft sich vollkommen mengen zu lassen, wozu ein möglichst geringer Abstand vom Gewölbe sehr viel beitragen kann, weil dadurch eine gewisse Aufstauung und daher vollkommenere Mengung der zu verbrennenden Bestandtheile hervorgebracht wird. Ebendasselbe gilt vom Fuchse *i*, der so schmal als nur immer möglich, dafür aber verhältnißmäßig länger zu machen ist; daher besteht derselbe nur in einem Schlitze, der in eine möglichst hohe Esse *k* einmündet. Ueber die Maßverhältnisse der letzteren Gegenstände ist schon so viel, vorzüglich vom theoretischen Standpunkte aus, geschrieben, daß ich darüber ganz hinweggehen kann und nur die in der Zeichnung angegebenen Dimensionen derselben als genügend zu empfehlen brauche.

Der Feuerungsraum *l*, der eine meistens nur 10 bis 12 Zoll weite und ebenso hohe Schüröffnung *m* hat, ferner die Feuerbrücke *e*, die durch einen Luftcanal *n* abgekühlt wird, so wie der ganze Schmelzraum und die Esse sind anstatt mit Ziegeln mit Vortheil mit einer fest eingestampften, gut gemengten, halb feuchten Masse von 2 bis 3 Theilen stark zugebrannten Quarzes und 1 Theil

feuerfesten Thons auszukleiden, aber der Fuchs, so wie das Gewölbe *o* und oft auch der oberste innere Theil der Esse aus feuerfesten, bei der stärksten Glühhitze gebrannten und daher nicht mehr schwindenden Ziegeln zu construiren. Alle übrigen der Flamme nicht unmittelbar ausgesetzten Räume können mit ordinären, gut gebrannten Ziegeln ausgefüllt oder hergestellt werden.

Die Umfassungsmauern *p* bestehen meistens aus gut bearbeiteten Bruchsteinen oder werden durch Eisenplatten ersetzt.

Die Verankerung, Fig. 5 und 6, auf die man vorzüglich sein Augenmerk zu richten hat, lernt man aus der Zeichnung ebenfalls kennen. Vollkommene Dichtheit der Ofen- und Essenwände ist unbedingt nothwendig zur Vermeidung unnöthigen Luftzutritts und Abkühlung des Ofens.

Seitenthor.

Um in den Ofen bequem gelangen zu können, sei es nun während des Processes oder bei vorzunehmenden Reparaturen, ist gewöhnlich noch ein zweites Thor *q* in der dem Stiche gegenüberliegenden langen Seitenwand des Ofens, selten aber das dritte, *s*, angebracht. Uebrigens ist möglichste Kleinheit der Schür- und Arbeitsöffnungen ein Hauptererforderniß zur Vermeidung überschüssigen Luftzutritts ins Innere des Ofens.

Ein im Fuchse angebrachter Schieber *r*, eine am Eingange des Aschenfalls befindliche Thüre, so wie eine Essenklappe, durch welche die obere Essenmündung mehr oder weniger geschlossen werden kann, ist zur Regulirung des Zuges und zur beliebigen Hervorbringung des möglichst hohen Wärmeeffects von nicht geringem Vortheil.

Damit die sehr langen Gezähe einen Stützpunkt bei ihrem Gebrauche finden und so die Arbeit damit erleichtert wird, befindet sich vor der Arbeitsöffnung *g* ein horizontal liegendes Eisen *t*, welches öfters wegen des leichteren Hin- und Hergleitens der Gezähe mit Graphit oder mit Schmiere bestrichen werden muß.

Auf dem dritten Theile der Länge von der Feuerbrücke nach dem Fuchse hin ist in dem Gewölbe des Ofens eine Oeffnung zum Aufgeben des gerösteten Steines *u*, über welcher ein die

Masse aufnehmender Trichter von Eisenblech, wie sich aus der Zeichnung Fig. 7 ergiebt, aufgehängt ist.

Endlich findet man auf der Zeichnung noch zwei nach der Mitte des Schmelzheerdes hin convergirende Luftzuführungs-canäle v, die man aber nur zu besonderen Zwecken zu öffnen nöthig hat.

b. Manipulation.

Von allen Manipulationen ist eine der wichtigsten, das Heerdeinschmelzen gerade sehr wenig bekannt, und ich sehe mich daher genöthigt, darüber, vorzüglich aber über die Anwendung einer künstlichen Masse, mich zu verbreiten.

Heerdschmelzen.

Die zum Heerd bestimmte, höchst fein gesiebte und innig gemengte Masse, welche eine solche Eigenschaft besitzen muß, daß sie bei der stärksten Glühhitze für sich nicht ein Schmelzen, sondern nur eine starke Frittung, Abrundung und festen Zusammenhang der einzelnen Theilchen gestattet, wird nach und nach auf den bis in die höchste Weißglühhitze versetzten Ziegelheerd gebracht, daselbst gut unter fortwährender Beibehaltung einer sehr hohen Rothglühhitze durchkrählt, bis eine Lage von 8 bis 9 Zoll oder 40 Ctr. solcher Masse in dem Ofen sich befindet, bis ferner das von Feuchtigkeit und sich entwickelnden Gasen herrührende Pulvern nicht mehr zu bemerken ist und das Ganze eine sehr starke Rothglühhitze angenommen hat; hierauf beginnt man bei gut unterhaltenem Feuer das Glattstreichen, Zusammenklopfen und Formen des Heerdes mittelst langer Löffel (Austhonlöffel) und zieht dabei die überschüssige Masse durch die Arbeitsöffnung heraus. Hat der Heerd beim Stichloche 6 Zoll Tiefe und die verlangte Form, d. h. eine allmählige Verflächung von der Arbeitsthür (Schlackenthür) nach dem Stichloche hin und ein muldenförmiges Abfallen von der Feuerbrücke weg ebendahin erhalten, so daß der geschmolzene Stein so viel als möglich Oberfläche der Schlacke darbieten und dennoch beim Schlackenziehen auf dem Heerde sich zurückhalten muß, und bringt ein flüchtiger Schlag mit dem Löffel keine merkliche Vertiefung mehr hervor, so rundet man die Kanten bei dem Stichloche mit einem hölzernen

Bäumel gut ab, setzt in das Stichloch selbst in der Entfernung eines reichlichen Fußes vom Heerde zwei feuerfeste Ziegel, so daß die im Stichloche befindliche Bodenmasse ebenfalls zum Fritten kommt, verstreicht die Ziegel gut mit Masse oder mit Lehm, wirft, um alle Abkühlung zu vermeiden, hinter dieselben noch ganz trockenen Sand, den man durch in Lehm eingesetzte ordinäre Ziegel zusammenhält. Hierauf verstärkt man bei fest verschlossenen und gut mit Lehm verklebten Arbeitsthüren und Füllöffnung das Feuer allmählig bis zur Erzeugung der höchsten Schmelzhitze, in der der Ofen 5 bis 6 Stunden lang erhalten wird; alsdann läßt man die Hitze gradatim, jedoch immer bei einem mit klaren Steinkohlen gut bedeckten Roste und sorgfältig zugeworfenen Schürloche, innerhalb 3 bis 4 Stunden sinken, schreitet dann zum Oeffnen des Arbeits- und Seitenthors, durch welche man die oft in nicht unbedeutender Menge, vorzüglich in der Nähe der Feuerbrücke, vom Gewölbe herab gefallenen und halbangeschmolzenen Ziegelstücken von dem mit glatter Oberfläche erscheinenden Heerde vorsichtig entfernt, verstopft das Stichloch nun mit Lehm und setzt endlich einen 25 bis 30 Ctr. starken Satz von Schlacken von hoher Silicirungsstufe zum Schutze des Heerdes zum Theil durch das Seitenthor *q*, den übrigen Theil aber durch die Aufgebeöffnung *u* im Gewölbe ein. Nach 4 bis 5 Stunden, während welcher Zeit eine sehr starke Schmelzhitze unterhalten worden ist, zieht man die vollkommen lauteren Schlacken, den letzteren Theil aber sticht man ab und geht nun zum Austhonen über, d. h. man bringt mittelst eines heißgemachten Löffels dieselbe, aus 2 Theilen Quarz und 1 Theil Thon bestehende Masse, wie sie zum Ausstampfen des Feuerungs-, Schmelz- und Essenraumes benutzt worden war, im halbfeuchten Zustande an die Seitenwände und Feuerbrücke des Ofens und drückt sie daselbst fest zusammen. Hierauf kann nun entweder noch ein Schlackensatz folgen, wenn der Heerd noch nicht glatt genug ist, oder sogleich ein Steinsatz.

Wie man aus der ganzen Manipulation ersieht, muß man beim

Heerdschmelzen sehr vorsichtig verfahren, keine Spur von Feuchtigkeit in dem Ofen lassen und alle plötzliche Abkühlung und Stöße aufs Sorgfältigste vermeiden, weil der Heerd oder Boden im Anfange nur eine papierdünne geschmolzene Oberfläche besitzt und daher sehr leicht Sprünge, vorzüglich vom Stichloche weg nach der gegenüberliegenden Seitenwand bekommt, worauf man sich genöthigt sehen würde, den Heerd auszubrechen und die ganze Manipulation zu wiederholen.

Satzführung.

Gewöhnlich besteht ein Steinsatz, der jedesmal während des Schmelzens des vorhergehenden in dem Trichter aufbewahrt wird, nur aus 20 Ctrn. mit 4 bis 6 Feuern zugebranntem Stein und 2 bis 6 Ctrn. reichen Kupferschlacken (z. B. Garschlacken, Schwarzkupferschlacken 2c.), so wie aus 2 bis 4 % Quarz oder quarzigen Kupfererzen oder vorzüglich gern aus den bei der Reparatur des Ofens ausgebrochenen, mit Kupfer sehr angereicherten Heerdstücken. Oft sieht man sich aber genöthigt, wenn ein reiner Ofengang nicht erzielt werden kann, noch 1 bis 3 % rohen, möglichst reinen und an Kupfer reichen Stein oder ungeröstete, reine, kupferreiche und quarzige Erze aus weiter unten näher entwickelten Gründen zuzuschlagen. Ebenso findet man auch bei Weglassung von Quarz oder quarzreichen Kupfererzen gleiche Theile Rohschlacken, die mit dem Steine sogleich gemengt aufgegeben werden, angewendet. Ein Zusatz von Flußspath oder gar Kalk muß aber streng vermieden werden.

Nachdem der Stein auf den möglichst immer rein zu haltenden Heerd durch die Oeffnung im Gewölbe herunter gelassen worden ist, wird er durch eine eiserne Krücke von der Arbeitsthür aus über den ganzen Heerd ausgebreitet; an den Seitenwänden, vorzüglich aber an der Feuerbrücke trägt man den Satz stärker auf, nicht nur um diese Theile vor dem Auswaschen der Schlacke zu schützen, was man auch durch das Hinbringen von quarzreichen Substanzen an diese Stellen zu thun pflegt, sondern auch um die Schmelzmasse der auf dem Heerde natürlich nicht gleichförmigen Intensität der Hitze angemessen zu vertheilen und daher die Schmelzung zu beschleuni-

gen. Hierauf wird eine am sichersten nach dem Gange des vorhergehenden Schmelzens sich richtende Quantität genannter Schlacken in faustgroßen Stücken durch die Arbeitsöffnung auf den ausgebreiteten Satz geworfen und so viel als möglich der Schmelzmasse und der an Ort und Stelle hervorzubringenden Hitze proportional vertheilt; alsdann die Arbeitsthür gut geschlossen, wozu die Thür auf eine Lehmwulst aufgesetzt und mit Sand zugeworfen wird, und anhaltend die stärkste Schmelzhitze gegeben, da ein rasches Einschmelzen die Hauptbedingung ist. Alle halbe Stunden muß man wenigstens den Rost räumen und alle Stunden neue Kohlen aufgeben, nachdem man mit einem Bohrer das auf dem Roste liegende Brennmaterial soviel als möglich aufgebrochen und aufgelockert hat. Die größten Stücken Steinkohle wirft man gewöhnlich zuerst hinein und läßt darauf die kleineren folgen; mit den klarsten Stückchen wirft man die Schüröffnung zu, kann aber mit Vortheil dazu auch die durch die Setzarbeit gewonnenen Einders benutzen.

Führung des Schmelzens.

Zur möglichst vollkommenen Verbrennung der beim Aufschütten von frischen Steinkohlen im Uebermaß entstehenden Gase läßt man durch einen im obersten Theile des Schürloches offen gelassenen Schlitz die nöthige Luft anfangs eintreten, wirft aber später auch das Schürloch ganz zu. Nach Verlauf von 4 bis 5 Stunden wird, um die mechanische Absonderung des Steins von der Schlacke zu befördern und um zu fühlen, ob sich der Boden rein hält, die ganze flüssige Masse stark durchgekrückt, zugleich aber auch die etwa nur erst halbgeschmolzenen, gumsigen Schlacken- und Steintheile vom Boden und von den Seiten vorsichtig getrennt und in die geschmolzene Masse hineingezogen, und hierauf wird wieder stark gefeuert; befindet sich aber Alles während des Durchkrückens in vollkommen geschmolzenem Zustande, so wartet man noch eine kurze Zeit, damit der aufgerührte Stein sich wieder setzen kann, und fängt dann an, die oben aufschwimmende Schlacke mit einer eisernen Krücke aus dem Arbeitsthore (Schlackenthore) in die davor auf der Hüttensohle vorgerichteten Sandformen zu ziehen. Sobald sie erkaltet sind, bringt

man sie aus der Hütte, zerschlägt sie und giebt die Stücken, welche noch Stein mechanisch eingemengt enthalten, derselben Arbeit zurück, die reineren aber, welche ein krystallinisches Gefüge haben müssen, verwendet man zum Rohschmelzen.

Schlacken.

Die Beschaffenheit der Schlacke (meistens $\dot{R}^2\dddot{Si}^3$) ist von der größten Wichtigkeit; ist sie zu dünn, so vermengt sich leicht während des Schlackenziehens ein Theil des Steins mit ihr und auf dem Heerde findet sich dann meistens, vorzüglich bei einem sehr zinkreichen Steine, noch eine gumsige, nicht rein ausgeschmolzene Masse, wogegen bei einer zu zähen Beschaffenheit die Separation aus ihr unvollkommen erfolgt. Vorzüglich gern sieht man es, wenn bei der gehörigen Geschicklichkeit des Arbeiters die Schlacke in einem breiten, gleichförmigen und moosartig gezeichneten Streifen an der Schlackenplatte herunterläuft; ebenso deutet das Blasenwerfen der Schlacke im Ofen sogleich nach dem Oeffnen des Schlackenthors meist auf eine vollkommen erreichte Hitze und auf einen guten saigeren Gang, den man aus denselben Gründen, wie bei Anwendung von erwärmter Gebläseluft, zur Erlangung einer reinen Arbeit möglichst zu erzielen sich bemühen muß; dagegen weist eine pfockige, dicke und leicht erstarrende Schlacke auf einen zu frischen Ofengang hin und verlangt noch mehr kieselerdereiche Zuschläge oder einen Zusatz von rohem Stein.

Die zuletzt gezogenen Schlacken sind gewöhnlich reicher; man leitet sie daher in die zur rechten Seite angebrachten zwei Betten und giebt nach erfolgter Untersuchung und Ausscheidung der Schlacken die unreinsten derselben Arbeit zurück.

Schlackenziehen.

Vom Steine unterscheidet sich die Schlacke sehr leicht, theils durch das lichtere und blendendere Ansehen, theils durch das Verhalten der Schlacke zum Steine selbst, indem dieselbe, sobald ihre Schicht auf dem Steine nur noch sehr gering ist, bei einem leichten Zurückschieben mit der Krücke, also bei einem theilweisen Bloßlegen des Steins sogleich wie Oel auf dem Wasser auf dem mit dunkelblaugrauer Farbe hervortretenden Steine wieder zusammenfährt.



Man kann daher genau beurtheilen, wie tief man die Krücke während des Schlackenziehens nur noch eintauchen darf. Außerdem hört man auch sogleich mit dem Schlackenziehen auf oder führt wenigstens die Krücke flüchtiger und weniger tief, sobald an der Schlackenplatte in den herausgezogenen Schlacken sich Steinkörnchen zeigen, die sich an dem Aufglühen und der sofort eintretenden traubenförmigen Abröstung erkennen lassen.

Haltung des Heerdes.

Das Wichtigste aber vom ganzen Flammenofenprocesse ist die Haltung des Heerdes. Wie der Schachtofenschmelzer in Bezug auf die Führung des Ofens sich lediglich nach der Nase richtet, so dient dem Flammenofenschmelzer die Beschaffenheit des Heerdes als alleinige Richtschnur, wenn er nicht in die Gefahr laufen will, daß die Schmelzmasse ihm durch den Boden geht oder die größten Unregelmäßigkeiten und Ungleichförmigkeiten in der Schmelzzeit eintreten. Da ich es mir einmal zum Ziele gesetzt habe, die tiefsten Geheimnisse des Flammenofenprocesses hiermit aufzudecken, so muß ich, wenn es auch für den, welcher noch nicht in einem Flammenofen praktisch gearbeitet hat, weniger verständlich sein sollte, doch wenigstens darauf aufmerksam machen, daß ein ganz reiner Heerd sich mit der Krücke durch die geschmolzene Masse hindurch sandig anfühlt, d. h. daß das Gefühl gerade so ist, wie wenn man auf einer glatten Sandsteinfläche hinfährt, also die einzelnen Sandkörnchen mit dem Gefühle wahrnimmt. Wollte man den Heerd immer so rein halten, so würde man stets in der Gefahr schweben, daß er durchginge, da dann ein um nur 1/8 Stunde zu langes Schmelzen ihn leicht durchschmelzen kann. Man muß daher den Heerd dadurch zu schützen suchen, daß man das Schmelzgut nicht ganz vollständig im wahren Sinne des Wortes aufschmilzt, sondern den Satz als gut geschmolzen betrachtet, wenn unmittelbar auf dem Heerde eine schlierige, schleimige, dünne Masse zu fühlen, jedoch der Heerd immer noch mit seinen Quarzkörnchen wahrzunehmen ist. Bei den Heerd sehr angreifenden Producten, z. B. bei bleihaltigen Producten, sieht man sich jedoch genöthigt, noch weiter zu gehen und einen neuen Satz

schon hineinzubringen, sobald die Schmelzmasse zwar lauter ist, aber unmittelbar auf dem Heerde sich das geschmolzene Product mußig, breiig fühlen läßt, so daß man dann den Schmelzgang so führt, daß es sich sogleich auf dem Heerde auflegen würde, wenn man nur ¼ Stunde an der Schmelzzeit eines Satzes abbrechen wollte. Hat man daher einmal einen zu hitzigen, d. h. einen ganz reinen Heerd erhalten, so daß man in Bezug auf seine Haltbarkeit in Gefahr kommt, so thut man wohl, sogleich an Schmelzzeit abzubrechen, und man kann wohl 3 bis 4 Tage damit ausreichen, bevor ein Auflegen bemerkbar wird. Sobald man dies wahrnimmt, arbeitet man sogleich eine Stunde länger und unterstützt das Aufschmelzen des Aufgelegten (der Bühne) durch starkes Krücken. Thut man dies nicht, so kühlt sich der Schmelzheerd immer mehr und mehr ab, es legt sich alsdann immer stärker und stärker auf und zuletzt muß man die Sätze noch einmal so lange gehen lassen, als bei einem nur mit einem dünnen Schleime überzogenen Heerde. Man sieht also, daß es in Bezug auf die Förderung schädlich ist, auf die Abkühlung des Heerdes bei Erbauung des Ofens Rücksicht zu nehmen, daß es vielmehr der Schmelzer verstehen muß, seinen Heerd zu schützen und doch eine sehr gute Förderung zu haben.

Bühnen.

Von dieser Art Auflegen zum Schutze des Heerdes ist aber das Auflegen oder **Bühnen** in Folge eines zu **frischen Ganges** zu unterscheiden, und man erkennt diesen Uebelstand außer an der sehr schwer aus dem Ofen zu ziehenden Schlacke sogleich dadurch, daß die Krücke wie auf einem Eisspiegel auf dem Aufgelegten hinfährt, und alsdann ist man genöthigt, kiesige Erze zuzuschlagen, wodurch die Bühne bald aufgezehrt wird und man überhaupt viel schneller zum Ziele gelangt, als durch Quarzzuschläge.

Weiteres Aufgeben.

Nach Entfernung des größten Theiles der Schlacken wird ein zweiter Satz, der schon während des Schmelzens des ersten Satzes sich im Trichter befunden hatte, in den Ofen zum Theil eingelassen, ohne daß der flüssige Stein vorher abgestochen wird. Dadurch hebt sich die im Heerde noch befindliche Schlacke weiter in die Höhe und



kann noch bequem entfernt werden, bis die Oberfläche des geschmolzenen Steines zum Vorschein kommt. Hierauf läßt man den ganzen Satz in den Ofen, wobei jedoch, sobald der Stein Feuchtigkeit enthält, Vorsicht vor den alsdann leicht entstehenden Explosionen anzurathen ist. Die Ausbreitung des Erzes und Vertheilung der Schlacken geschieht ebenso wie beim ersten Satze, und man setzt auch die Schmelzung auf dieselbe Weise fort. Gewöhnlich verschmilzt man drei Sätze nach einander, bevor man zum Abstechen des Steines schreitet, so daß alsdann beim Oeffnen der Arbeitsthür und nach Entfernung der unter dieselbe des besseren Verschlusses wegen gelegten Lehmwulst die meiste Schlacke schon von selbst abläuft.

Abstechen.

Der Stein wird bei der größten Weißglühhitze des Ofens entweder in Sandformen abgestochen und in Scheiben gerissen, oder in einen in einer Wassercisterne befindlichen, mit einer einfachen Krahnvorrichtung versehenen Kasten mittelst einer gußeisernen Rinne geleitet. Alsdann muß aber das Stichloch möglichst klein gemacht werden; jedoch ist ein besonderes Zerreißen des flüssigen Metalls nicht nöthig; auch findet kein constanter Wasserzufluß und Abfluß statt, sondern nur von Zeit zu Zeit erfolgt, um Explosionen zu vermeiden, ein Zulassen von frischem Wasser. Die Granalien fallen jedoch wegen der geringeren Dünnflüssigkeit eines kupferreichen Steins nicht so klein aus, als bei einem kupferärmeren und unreineren Steine.

Ein vollkommenes Abzapfen des Steines geschieht nur, wenn der Proceß unterbrochen wird. In der Regel verstopft man schon vor dem gänzlichen Ablaufen das Stichloch mit einem Lehm- oder Thonbatzen, weil durch die im Heerde zurückbleibende zwar sehr geringe Quantität heißen, flüssigen Steins das Schmelzen des nächstfolgenden Satzes doch sehr befördert wird, indem der Heerd weniger leicht durch den kalten Satz abgekühlt werden kann.

Manipulation bei einem unreinen Steine.

Bei sehr unreinem, vorzüglich sehr zinkreichem Steine zieht man die Schlacke nicht bis auf den Stein vollkommen ab, sondern sticht den Stein lieber mit der letzten Schlacke in

Sandformen, die in einer Reihenfolge, wie die Schlackenbetten, nebeneinander liegen, ab. Die erste Form füllt sich dann mit Stein an, während die folgenden in zunehmendem Verhältnisse mehr Schlacken und nur Steinkönige enthalten. Diese Schlacke, so wie die erste Steinscheibe vom ersten Bette muß man aber derselben Arbeit zurückgeben.

Stein.

Der Stein, welcher sich erst nach und nach in Folge der längeren Berührung mit der an Kupferoxydul reichen Schlacke anzureichern pflegt, während er in den ersten Stunden des Schmelzens noch sehr viel Eisen und Schwefel enthält, muß ein dichtes, gleichförmiges, feinsplitteriges und glänzendes Ansehen und eine ins Graulichweiße spielende schwarze Farbe besitzen, in welchem Falle er einen Kupfergehalt von 60%, ja auch 70% erreicht; dagegen zeigt ausgeschiedenes feines haarförmiges Kupfer noch nicht den höchsten Gehalt an, wie wir weiter unten sehen werden. Bei einem Gehalte von 40% hat der Stein mehr einen körnigen Bruch und eine ins Bronceroth übergehende grauschwarze Farbe.

Ist der Ofen an den Seitenwänden und an der Feuerbrücke von der Schlacke sehr angegriffen worden, so unternimmt man jedesmal nach dem Stechen das Austhonen.

In 24 Stunden können 4 bis 5 Schmelzungen dieser Art, incl. des Zeitverlustes beim Einsetzen, Schlackenziehen und Abstechen erfolgen.

Entbleiung.

Kupfersteine von einem verhältnißmäßig sehr hohen Bleigehalte muß man vor dem Spuren so viel als möglich zu entbleien suchen; denn das Blei verursacht nicht nur leicht ein Durchgraben des Schmelzheerdes, zieht nicht nur den Kupfergehalt des Steines sehr bedeutend herab, sondern es scheint auch bei der sehr hohen Temperatur eines Flammenofens in Folge seiner Verflüchtigung die des Kupfers sehr wesentlich zu befördern, ebenso wie es Thatsache ist, daß bei einer sehr hohen Temperatur das verdampfende Blei das viel schwieriger als Kupfer sich oxydirende Silber mit fortführen kann, vorzüglich sobald das Silber nicht mit Kohlen bedeckt gehal-

ten wird. Wollte man nun diese Entbleiung durch ein stärkeres Zubrennen des den Kupferstein liefernden Products (z. B. Bleisteins) erzielen, so würde man nicht nur bedeutende Blei- und damit eng zusammenhängende Silberverluste, sondern auch einen schmierigen, unreinen Ofengang herbeiführen. Deshalb muß man nach der am Harze gebräuchlichen Methode operiren, so daß man zu dem bei der Schlicharbeit fallenden Stein nach seinem Zubrennen außer den gewöhnlichen Vorschlägen noch einen Centner Eisen, oder, jedoch weniger gern, drei Centner Kalk zuschlägt und hierdurch nicht nur eine vollständigere Entbleiung und Entsilberung des Steins, sondern auch eine bedeutende Verminderung des Bleiverbrandes und des Kupfergehaltes im Werkbleie, so wie einen vortheilhaften Ofengang erlangt. Daher ist auch unter solchen Umständen ein Eisenzuschlag zur Kupfersteinarbeit, weniger aber zu der Spurarbeit selbst, von Vortheil, nur muß man dann die Sohle des zur Kupfersteinarbeit bestimmten Schachtofens mit einer Masse von zwei Theilen Quarz und einem Theil feuerfesten Thon oder auch mit einem innigen Gemenge von neun Theilen sehr feingesiebtem Quarz und einem Theil ebenso vorbereiteter Rohschlacke, anstatt aus schwerem Gestübe (2 Theilen Lehm und 1 Theil Holzkohlenlösche), das sich in Folge des Eisenzuschlages zu heben und untergraben zu werden pflegt, herstellen.

Kalkzuschlag anstatt des Eisenzuschlags ist nicht sehr zu empfehlen, nicht allein weil man, um dasselbe Resultat zu erzielen, dreimal mehr bedarf und ein verhältnißmäßig viel größeres Haufwerk zu verschmelzen hat, sondern auch weil der Kalk, wie alle alkalischen Erden, in Berührung mit Coaks bei der Zersetzung der schwefelsauren Metalloxyde und der Schwefelmetalle zur Bildung von Schwefelkupfercalcium unter Ausscheidung von Kupfer Veranlassung giebt und dieses, in der Schlacke einmal aufgelöst, schwer wieder zersetzt wird, vorzüglich bei einem frischen Ofengange. Auch wird durch den Kalk die Wirkung der Kieselerde und somit auch die Bildung des das Schwefelkupfer leichtzersetzenden Kupferoxydulsilicates oder eines anderen oxydirend wirkenden Eisenoxydsilicates aufgehoben.

Ferner muß man beim Spuren bleiischer Kupfersteine die Vorsicht besonders beobachten, daß man unmittelbar auf den Heerd längs der Seitenwände und an die Feuerbrücke Ofengeschur und quarzreiche Schmelzmassen, darauf den zugebrannten Stein und erst hierauf die Schlacken, möglichst Kupferraffinatschlacken, bringt und so die Steinstücke nicht dem sehr starken Feuer aussetzt, sondern sogleich durch eine Schlackendecke vor dem höchst nachtheiligen Einflusse der sehr hohen Temperatur schützt. Eine Lage von Waschkohle unmittelbar auf den Stein zu schütten, möchte aus Analogie mit dem obenerwähnten Beispiele vom bleihaltigen Silber zur sofortigen Reduction des etwa entstehenden Kupferoxyds und dennoch zur Begünstigung der Verflüchtigung des Bleies auch von nicht geringem Vortheil sein.

c) Theorie des Spurprocesses.

Wenn man vom theoretischen Gesichtspunkte aus das Spuren im Flammenofen betrachtet, so findet man, daß im Allgemeinen der Schwefel bei dieser Arbeit eine Hauptrolle spielt, indem er nicht nur zur Reduction der Oxyde dient, wobei er sich als schweflige Säure verflüchtigt, sondern sich auch mit dem schon metallisch ausgeschiedenen Kupfer wieder verbindet, ja sogar als Beschützer des Kupfers vor Verschlackung und als Verbesserer des unreinen Kupfers auftritt. Nicht minder wichtig ist aber auch die chemische Einwirkung der durch's Rösten gebildeten Oxyde und Salze, sowohl auf einander, als auch auf die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle. Von allen Salzen zersetzt sich der beim Zubrennen in nicht unbedeutenden Mengen gebildete Eisenvitriol zuerst und es bildet sich Eisenoxyd, sich verflüchtigende schweflige Säure und Schwefelsäure. Steigert sich die Temperatur bis zum starken Rothglühen, so entweicht aus dem basisch schwefelsauren Eisenoxyde und dem in großen Mengen ebenfalls durch die Röstung gebildeten Kupfervitriol die Schwefelsäure, theils als wasserfreie Schwefelsäure, theils in Gestalt von schwefligsaurem Gas und Sauerstoffgas. Auf die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle findet also hierbei noch keine chemische Wirkung statt, wohl aber zersetzen sich bei noch höherer Temperatur Eisenoxyd mit Schwefeleisen zu sich verschlackendem Eisenoxydul und

schwefliger Säure, und bei einer noch mehr gesteigerten Hitze das Kupferoxyd in Folge seiner Einwirkung auf das noch im Ueberschusse vorhandene Schwefeleisen und Schwefelkupfer unter Bildung von den verschiedenen Eisenoxyden und schwefliger Säure in metallisches Kupfer, das sogleich von dem auf dem Heerde sich ansammelnden Steine von anfänglich großem Schwefelüberschusse aufgelöst wird. Selbst die Oxyde für sich können noch oxydirend sogar auf metallisches Kupfer einwirken, denn Kupfer mit Eisenoxyd geglüht, oxydirt sich auf Kosten des Eisenoxyds, und Kupferoxydul nebst Eisenoxydoxydul wird gebildet. Daraus, daß das Schwefeleisen seinen Schwefel an das Kupfer des Kupferoxyds abgiebt, geht auch hervor, daß, so lange Schwefeleisen in einer gut geschmolzenen Masse enthalten ist, kein oxydirtes Kupfer vorhanden sein kann, zugleich aber auch, daß ein Zusatz von rohem Stein oder kiesigem Erze nicht nur das Kupfer vor Verschlackung schützen und zur Ansammlung der Steintheilchen dienen, sondern auch das in Folge eines zu frischen Ganges entstehende Bühnen gänzlich verhindern muß, indem die alsdann in der Schmelzmasse zu sehr vorwaltenden Metalloxyde, vorzüglich Eisenoxyd, zum größten Theile in Schwefelmetalle umgewandelt werden.

Hat der Ofen die höchste Schmelzhitze erreicht, d. h. nach drei bis vier Stunden, so tritt die Wirkung der Kieselerde ein; sie verbindet sich direct nicht nur mit dem Eisenoxydul und den Erden, sondern auch mit dem Kupferoxydul, und diese an Kupferoxydul reiche Schlacke wird in Berührung mit dem anfangs an Schwefeleisen sehr reichen Steine einen gegenseitigen Austausch des Sauerstoffs und des Schwefels verursachen, so daß Eisenoxydulsilicat und Schwefelkupfer gebildet, also das Kupfer der Schlacke entzogen und dem Steine zugeführt wird. Dazu kommt noch, daß der Stein während des Schmelzens in höchst feinen Perlchen die Schlacke durchdringt und so in eine sehr innige Berührung mit dem Kupferoxydul der Schlacke tritt. Daraus ersieht man denn auch, daß der Schmelzheerd so flach wie möglich gelegt werden muß, da-

mit eine um so größere Oberfläche von Stein der Einwirkung der Schlacke ausgesetzt ist. Außer diesem Kupferoxydulsilicat spielt wahrscheinlich auch eine chemische Verbindung von Eisenoxydulsilicat mit Schwefeleisen = Sulfosilicat des Eisens, die vorzüglich bei einem Kohlenzuschlage entsteht, eine wichtige Rolle, indem dieses Schwefeleisen durch den Sauerstoff des Kupferoxyds ebenfalls in schweflige Säure und Eisenoxydul zerlegt und metallisches Kupfer, welches sich sogleich von der Schlacke trennt und in dem Steine sich auflöst, erzeugt wird.

Ausblühen des Kupfers.

Das Ausblühen des Kupfers, wovon oben Erwähnung gethan worden ist, erfolgt erst nach dem Abstechen zu einer Zeit, wo der Spurstein bis zu der Temperatur sich abkühlt, bei welcher flüssiges Kupfer zu erstarren anfängt und mag vorzüglich seinen Grund darin haben, daß auf der Oberfläche des Steins, sobald er von der Schlacke entblößt im Heerde steht, Kupferoxydul erzeugt wird, welches sich beim Abstechen mit dem Steine innig mengt und auf das in dem Steine außer Unterschwefeleisen ($\acute{F}e$) noch enthaltene, sich sehr leicht zersetzende Einfachschwefeleisen ($\acute{F}e$) unter Entwickelung von schwefliger Säure und unter Ausscheidung von metallischem Kupfer einwirkt; das so frei gewordene Kupfer kann aber nicht wie im Ofen, sich wiederum auf Kosten des Schwefels und des Schwefeleisens zu Schwefelkupfer verwandeln, da die Temperatur zur Einleitung dieser gegenseitigen chemischen Zersetzung nicht mehr hoch genug ist, sondern muß analog dem Silber, wenn man seine Verbindung mit Schwefel dem Einflusse des Wasserstoffgases aussetzt und es somit frei wird, in molecularähnlichen Fäden gleichsam aus dem Steine herauswachsen. Höchst wahrscheinlich nimmt auch der Stein, während er die Luft beim Abstechen in die Sandbetten durchfällt, wie jede andere die Luft durchschneidende Flüssigkeit Luft in sich auf, die sich dann in dem erstarrenden Stein verhalten, darin sich zersetzen und dabei nicht nur in Folge ihres steten Feuchtigkeitszustandes Schwefelwasserstoff, metallisches Kupfer und etwas schweflige Säure

(so wie auch beim Erhitzen des Schwefelsilbers unter Zuströmen von Wasserdämpfen metallisches Silber und Schwefelwasserstoffgas erzeugt wird), sondern ebenfalls auch das das Schwefeleisen zersetzende Kupferoxydul bilden muß; davon mag auch das Vorkommen des metallischen ausgeblühten Kupfers in oft ziemlich großen hohlen Räumen zum Theil herrühren, zum andern Theil aber von der gasförmigen Entwickelung von schwefliger Säure bei der Entstehung dieser Art von Kupfer. Somit erklärt es sich auch, daß man in dem Weißmetall, welches um Vieles reicher an Kupfer als der Stein ist, der ausgeblühtes Kupfer in seinem Innern zeigt, nie dergleichen findet, weil dasselbe kein Einfachschwefeleisen, sondern nur Unterschwefeleisen enthält; ebensowenig kann bei einem an Kupfer armen Steine ein Kupferausblühen eintreten, weil nur das Unterschwefelkupfer (Ću) ein Ausblühen gestatten kann, in diesem Steine aber das Kupfer zum Theil höher geschwefelt auftritt und, weil sich überhaupt durch den Einfluß der Luft auf diesen Stein in Folge des zu geringen Gehalts an Kupfer und des zu sehr vorherrschenden und sich sehr leicht oxydirenden Einfachschwefeleisens Kupferoxydul nicht bilden kann. Unerwähnt kann ich aber auch nicht die Thatsache lassen, daß, wenn man noch nicht ganz mit Schwefel gesättigtes Kupfer erhitzt und dann unter Zutritt der Luft erkalten läßt, Kupferfäden herausschießen, eine Erscheinung, die auch das dem Unterschwefelkupfer isomorphe Schwefelsilber, wenn es nicht ganz mit Schwefel gesättigt und bis zu einer wenig über der Siedehitze des Schwefels liegenden Temperatur erhitzt worden ist, während des Erkaltens zeigt, so daß es sich wohl denken läßt, daß bei einer hohen Temperatur eine niedrigere Schwefelverbindung des Kupfers und des Eisens bestehen kann, als bei dem Erkalten, daß folglich das Schwefeleisen, als zuerst erstarrend, einen Theil des zu seinem gesättigten Zustande nöthigen Schwefels dem noch flüssigen Unterschwefelkupfer raubt und dieses beim Erkalten das überschüssige Kupfer ausblühen läßt.

Vorzüglich findet man das ausgeblühte Kupfer in dem sogenannten Blausteine, einem von seinem bläulichgrauen Aussehen

so genannten und bis 57% Kupfer haltenden Steine. Dieser Blaustein entsteht gewöhnlich, wenn man den gerösteten Kupferstein noch mit sehr reinem Kupferkies, welcher, wenn er in großen Mengen angewendet wird, sogar todtgeröstet sein kann, beschickt. Nicht selten wird dieser Stein, so wie aller viel Blei haltende Stein, ehe er zur Extraction gelangt, noch einem besonderen Proceß, dem sogenannten Roasten, ausgesetzt, weshalb ich mich genöthigt sehe, noch einige Bemerkungen beizufügen.

d) Roasten.

Das ausgeblühte Kupfer äußert zwar gar keinen nachtheiligen Einfluß auf den Extractionsproceß, es könnte somit der Blaustein sogleich demselben unterworfen werden, wenn es nicht von Vortheil wäre, den möglichst größten Kupfergehalt in dem zu extrahirenden Producte zu erzielen, und dies wird dadurch vollkommen erreicht, daß man denselben bei nach und nach gesteigerter Hitze unter Zutritt von atmosphärischer Luft langsam einschmilzt, somit das Schwefeleisen, Schwefelblei und einen großen Theil des Schwefelkupfers oxydirt, und zuletzt das Ganze einer starken Schmelzhitze aussetzt. Der chemische Vorgang erklärt sich aus dem Vorhergehenden. Es wirkt nämlich hierbei die atmosphärische Luft, der auf der Oberfläche des Blausteins meist sehr fest anhängende Sand von den Sandbetten, in die er abgestochen worden war, so wie endlich die längs der Seitenwände und der Feuerbrücke hin zum Schutze vor den sehr frischen Schlacken ausgestreuten Stücke von ausgebrochener Schmelzheerdmasse und alten Ziegeln; es wird somit das durch die atmosphärische Luft gebildete, aber durch den Schwefel zu Oxydul reducirte Eisenoxyd und Bleioxyd sich mit der Kieselerde zu einer Schlacke vereinigen, das Kupferoxyd und das in der Schlacke aufgelöste Kupferoxydulsilicat den noch nicht vollkommen zersetzten Stein unter Entweichung von schwefliger Säure bis zu einem Kupfergehalte von 77% gleichsam raffiniren oder roasten.

Bei dieser Arbeit hat man vorzüglich zu beobachten, daß man den Stein in großen, einen bis zwei Centner schweren Stücken, so viel wie möglich in aufrechter Stellung und in einer Entfernung

von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Ellen von der Feuerbrücke in den Ofen einsetzt und dabei viele hohle Räume bildet, durch welche die Flamme streichen und eine gleichmäßige Hitze hervorbringen kann. Anfangs läßt man die Luftzuführungscanäle *z*, Fig. 2, so weit offen, daß der Schmelzheerd hinreichend abgekühlt, ferner der Stein in einer gleichmäßigen Rothglühhitze erhalten und daß der (die Verbrennung und Verflüchtigung des schmelzenden, nicht durch eine Schlackendecke geschützten Steins sehr befördernde) Luftzug zum Theil aufgehoben wird; sollte aber ein zu zeitiges Schmelzen des Steins eintreten, und dies geschieht sehr leicht, sobald viel Blei im Steine enthalten ist, so muß man die Luftzuführungscanäle ganz öffnen und dadurch den Ofen bis zu der gewünschten Temperatur abkühlen; denn das im Steine vorhandene Unterschwefelblei ist sehr leicht schmelzbar, und während es von der Oberfläche der Stücke abtropft und dabei sich oxydirt, schwitzt gleichsam immer neues aus den Stücken wieder aus, so daß natürlich der Bleigehalt von der Oberfläche bis ins Innere sich nach und nach sehr vermindern kann. Ebenso verhalten sich die anderen leicht schmelzbaren Bestandtheile des Steins. Meistens leitet man den Proceß so, daß bei einem fortwährenden Offenhalten der Luftzuführungscanäle das Abtropfen und die Oxydation schon in den ersteren Stunden eintritt, hierauf aber, d. h. in der fünften oder achten Stunde vom Einsetzen an gerechnet, verstärkt man das Feuer, läßt jedoch die Luftzuführungscanäle immer noch offen, so lange nur noch in Folge der Reaction der Oxyde und Salze des Kupfers auf das Schwefelkupfer sich schweflige Säure entwickelt und in der halbflüssigen Masse eine Art Aufschäumen zu bemerken ist; dann verschließt man auch die Luftzuführungscanäle hermetisch und steigert die Temperatur bis zur Schmelzhitze, unterhält sie drei bis vier Stunden, während welcher Zeit das sich bildende Kupferoxydulsilicat noch auf die Schwefelmetalle oxydirend wirkt, und schreitet endlich zum Abstechen.

Die Schlacke ist sehr frisch, zeigt einen mattglänzenden Bruch, läßt sich schwer zerschlagen, nähert sich überhaupt sehr den Gesteins-

arten, vorzüglich dem Pyroxen, und enthält bisweilen eine so große Menge mikroskopisch eingesprengter Kupferkörnchen, daß, wenn man mit einem Stücke auf dem Bruche des anderen reibt, man sogleich metallisches Kupfer erkennt.

Daß man bei dieser Arbeit leicht bedeutende Verluste zu beklagen haben kann, ist ersichtlich, namentlich wenn eine nicht ganz gleichförmige Temperatur im Ofen erhalten wird; denn das Schmelzgut ist hierbei nur von der sich bildenden, aber sehr dünnen Schlacke vor dem Einflusse der hohen Temperatur geschützt. Kann man daher den Stein vor dem Concentriren vollkommen durch Eisen im Schachtofen entbleien oder die Concentrationsbeschickung so einrichten, daß man eines Kupferkieszuschlags oder des Zuschlags irgend eines anderen Schwefelmetalls nicht oder nur in sehr geringem Maße bedarf, d. h. daß man sogleich einen Kupfergehalt von 60 % im Steine zu erzielen im Stande ist, so thut man wohl, den Roastingproceß ganz zu unterlassen.

Zweites Capitel.

Vorbereitung des Kupfersteins.

A. Pochen.

Die bis auf Nuß- auch Faustgröße zerschlagenen Kupfersteinscheiben werden in einem Pochwerke von 4—8 Stempeln unter starker Befeuchtung mit Wasser auf eisernen Pochsohlen gepocht, wobei ein gleichmäßiges und schnelles Unterschuren die Hauptsache ist; das dadurch erhaltene Pochmehl wird auf ein Messingsieb, welches durch die Pochwelle mittelst Ledergurtes mit 1½ bis 2 Zoll Stoß auf und nieder bewegt wird, circa 7° Neigung hat, auf

einem Quadratzoll 1600 Löcher hält und in einem staubdichten Kasten sich befindet, gebracht und so feines Mehl, welches zum Rösten fertig ist, und Schrot, der dem Mahlen übergeben wird, erhalten.

Je nachdem das Pochwerk langsamer oder geschwinder geht, können in einer Stunde 3 Ctr. oder 6 Ctr. (z. B. bei einem mit Dampfkraft in Bewegung gesetzten Pochwerke) verarbeitet und dabei von je drei Ctrn. gewöhnlich nur 3/8 Ctr. Schrot erhalten werden.

B. Mahlen.

Da die Mühlen in ihrer Construction ganz den Getreidemühlen gleichen, kann auch ihre weitere Beschreibung übergangen werden, nur findet man seltener Schüttelbeutel, weil sie weniger gut halten, sondern meistens Messingsiebe, die auf einem Quadratzoll 2550 Löcher haben, oder auch mit dergleichen Stoff überzogene Cylindersiebe angewendet. Vorzüglich sind die letzteren zu empfehlen, nicht nur weil man bei ihrer Anwendung weniger von der Geschicklichkeit und dem guten Willen des Arbeiters abhängig, sondern auch weil ihre Unterhaltung, wenn auch nicht ihre Anschaffung, wohlfeiler ist. Gewöhnlich bildet das Cylindersieb ein mehrflächiges Prisma, welches durch eiserne Quer- und Längenstäbe und Bodenscheiben gebildet wird. Anstatt dieses Gerippe mit einem einzigen Geflechte zu überziehen, thut man wohl, zwei durch unten etwas ausgenommene hölzerne Latten von einander getrennte Siebflächen und zwar die innere aus Messingdrahtgeflecht, die äußere dagegen von Seidengaze herzustellen. Um aber ein Sacken und somit ein Zerreißen der Seidengaze zu vermeiden, umwickelt man das Ganze mit Bindfaden; weniger gern umgiebt man die Gaze mit einem groben Drahtgeflecht, da dieses zu viel Gewicht besitzt und daher namentlich bei den durch eine am Ende der Axe meistens angebrachte Schnecke bewirkten Stößen die ganze Vorrichtung wandelbar machen kann.

Das zu siebende Mühlmehl fällt durch eine, unten mit einem krummgebogenen eisernen Knie versehene Lutte innerhalb dieser um ihre etwas geneigte Längenaxe sich bewegenden Vorrichtung und wird in feines Mehl und Schrot geschieden.

Die Mühlsteine haben $1^1/_2$ Ellen Durchmesser und 1 Elle Höhe, dienen anfangs als Läufer, später aber, wenn sie bis auf 12 Zoll abgemahlen sind, als Bodensteine und bestehen meistens aus Granit von sehr festem Korne; ein fester, poröser und scharfkantiger Sandstein eignet sich jedoch ebenfalls sehr gut dazu, nur mahlt er sich viel rauher, verursacht somit mehr Reibung und verlangt daher auch eine stärkere Umtriebskraft, als der sich eher glatt mahlende Granitstein. Der Granitstein wird gewöhnlich geschärft, d. h. es werden in die Mahlfläche vier radiale Schrammen von circa $^1/_4$ Zoll Tiefe eingehauen.

Eiserne Boxe, verbunden mit in Talg getränkten Wergwulsten, lassen sich ebenfalls mit Vortheil gegen die von Birkenholz anwenden, nur muß das Mühleisen um so sorgfältiger vorgerichtet, d. h. gut gehärtet und genau centrirt sein; auch scheint es nicht so sehr befestigt werden zu dürfen, wiewohl es immer noch einen hellen Klang beim Anschlagen mit dem Hammer nach seiner Befestigung geben muß.

Uebrigens dient es sehr zur Erleichterung, wenn der Schrot in über den Mühlen stehende Füllkästen gebracht und aus denselben durch einen Leinwandschlauch in den Rumpf laufen gelassen werden kann.

Was die eigentliche Manipulation betrifft, so läßt man das Mehl und den Schrot ziemlich warm gehen, indem man den Bodenstein und den Läufer sehr nahe zusammenstellt und dem Läufer eine Geschwindigkeit von 120 Umdrehungen pro Minute giebt; jedoch darf noch kein Verschmieren der Mühle eintreten, der Schrot nicht zu heiß noch in zu großer Menge fallen, in welchem Falle sich der Stein schon zu glatt gemahlen hat und geschärft werden muß.

Auf zwei Pochwerke von acht Stempeln rechnet man im Gan-

zen vier Mühlen, wovon aber eine nur zur Reserve dient; ein Müller bedient zwei Gänge und liefert in einer zwölfstündigen Schicht meistens 11 bis 12 Ctr. Mehl.

Obwohl das Mahlen eine rein mechanische Sache ist, so übt es doch einen wesentlichen Einfluß auf eine vollständige Entsilberung aus, und da es sehr schwierig ist, die Feinheit der Mehle genau zu untersuchen, indem nur das Gefühl in diesem Falle beurtheilen kann, der Müller aber, welcher in Accord steht, durch Erzeugung eines gröberen Mehles, vorzüglich bei Anwendung eines Schüttelbeutels, sein Ziel schneller erreichen kann, so thut man wohl, diese Arbeit auf Tagelohn zu stellen.

Um den Verlusten, die durch Verflüchtigung des feinsten Mehles beim Pochen und Mahlen entstehen, vorzubeugen, bringt man über diesen Räumen Lutten von Eisenblech an, die in eine große Kammer im Dachraume führen und zuweilen sogar mit Ventilatoren in Verbindung stehen. In diese Kammer darf man aber mit einem bloßen Lichte nicht hineingehen, weil die in der Luft schwimmenden Steintheilchen sich sehr leicht entzünden und eine Feuersbrunst verursachen würden.

Stehende Mühlsteine von großem Durchmesser lassen das Zerkleinen und Feinmahlen des Steins zugleich stattfinden, und veranlassen viel weniger Verlust durch Staubverflüchtigung, mahlen aber sehr ungleich und langsam; sie können jedoch für viele Verhältnisse dem obenbeschriebenen Verfahren vorzuziehen sein. Ebensogut würde sich aber auch ein gut eingerichtetes Walzwerk zu demselben Zwecke eignen, sobald in dem Stein keine Eisenknoten vorhanden sind.

Abtheilung II.

Hauptarbeiten.

Erstes Capitel.

Rösten.

A. Röstofenconstruction.

a) Röstofen mit einem Heerde.

Der Umstand, daß man anfangs den Kupferstein nur einer sehr niedrigen Temperatur, dann aber einer sehr starken Rothglühhitze aussetzen muß, läßt keinen einfachen Röstofen, sei er nach ungarischer oder nach englischer Art construirt, anwenden, weil darin das noch kurz vor dem Ziehen der vorhergehenden Post zu unterhaltende starke Feuer nicht sogleich bis zu der für den leichtzusammensinternden Stein unerläßlichen, höchst geringen Temperatur abgekühlt werden kann. Die Doppelröstöfen aber, nach der Mannsfelder Construction mit zwei übereinander liegenden Heerden, bei welchen die Flamme, nachdem sie sich über den unteren Heerd verbreitet hat, noch in den oberen Röstraum spielt und somit nur eine sehr gelinde Erhitzung des daselbst befindlichen rohen Mehles bewirkt, entsprechen ganz und gar ihrem Zwecke. Der obere Heerd *B* Taf. III. besitzt aber auch noch einen eigenen Windofen *e*, so daß jeder Heerd für sich geheizt werden kann, ohne daß eine Gegenwirkung und Hemmung des Zuges auf dem einen oder dem anderen Heerde eintritt. In diesem Falle wird nämlich der Fuchs *d*, Fig. 1, durch welchen die heißen Gase vom unteren in den oberen Heerd für ge-

b) Doppelröstofen.

wöhnlich aufsteigen, durch eine eiserne Platte geschlossen und die Dämpfe vom unteren Heerde nehmen dann durch den Fuchs *p*, Fig. 6, welcher unmittelbar in die besonders dazu eingerichtete Flugstaubkammer führt, ihren Weg. Bedarf man aber des zum oberen Röstheerde gehörenden Windofens nicht, will man also beide Oefen nur durch eine Feuerung erhitzen, so wird das Flammenloch des oberen Windofens *e* vermauert und die Flammen oder die heißen Gasarten treten dann aus dem unteren Heerde durch den Fuchs *d* in den oberen, von da durch den Fuchs *h* in die Flugstaubkammern *n* und von hier endlich in die Esse Fig. 6, wobei sich natürlich eine sehr bedeutende Brennmaterialersparniß herausstellen muß. Damit sich die Arbeiter nicht bei ihrer Beschäftigung gegenseitig hindern, so steht der Arbeiter des oberen Röstheerdes auf einer höheren Etage *v* der Arbeitsöffnung des unteren Heerdes gegenüber, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist. Ferner sind Luftcanäle *y* außerhalb des Ofens angesetzt, wodurch der Zutritt von Luft noch außer der durch den Rost einströmenden vermehrt und nicht nur die Oxydation, sondern auch die Verbrennung der Gase, wie auch eine beliebige Abkühlung des Ofens befördert werden kann. Die Einrichtung zum Besetzen des oberen Röstheerdes besteht meistens in einer Lutte, die vom Postenheerde weg auf den oberen Heerd führt und mit einem Deckel versehen ist, welcher noch, um die daraus herausdringenden Dämpfe abzusperren und zugleich um die etwa entweichende Hitze zu benutzen, mit der nächstfolgenden Post bedeckt wird. Nicht selten findet man aber auch, um die in Folge des Herabstürzens des Mehls durch die Lutte entstehende Verstäubung zu vermeiden, daß das Aufgeben durch die Arbeitsöffnung erfolgt, vor welcher sich ein tafelförmiger eiserner Vorsprung befindet, an welchen scharf passend eine hölzerne Tafel angesetzt wird; auf diese Tafel stürzt man die Post und schiebt sie dann mit der Krücke in den Röstheerd. Oder man legt ein an den Seiten umgebogenes starkes eisernes Blech auf die Röstwalze mit dem vorderen, offenen Ende, und mit dem hinteren Ende auf einen Bock, stürzt die Post darauf, schiebt es

alsdann, unterstützt durch die Röstwalze, auf den Heerd und krückt die Post vom Bleche herunter. Durch die mit einem Schieber *s* zu schließende Oeffnung kann die vorgeröstete Post vom oberen Heerde in den unteren herabgelassen und ihre Stelle auf dem oberen Heerde durch eine neue ersetzt werden. Die Gasarten, welche beim Ziehen der Post sich noch entwickeln oder während der Arbeit aus der Arbeitsöffnung entweichen, werden durch einen Mantel, der sich auf Säulen oder Bogenpfeiler stützt und mit den Flugstaubkammern in Verbindung steht, aufgefangen.

Was die Construction des Windofens anbelangt, so ist in der Zeichnung, Taf. III., die Feuerung mit Reisig (Wellholz) angenommen; bei einer Braunkohlenfeuerung darf man nur, damit das in der Braunkohle enthaltene Wasser vor der Verbrennung derselben verdampft, den Rost tiefer legen und bei einer Steinkohlenfeuerung noch etwas tiefer legen; jedoch kann man auch mit Vortheil den unteren Windofen durch einen mit Steinkohlen und Coaks bedienten Gasofen ersetzen, vorzüglich da man im unteren Röstofen eine ziemlich constante und hohe Temperatur nöthig hat und die Möglichkeit einer vollständigen Verbrennung der aus dem Brennmaterial entwickelten Gase evident erwiesen ist.

Röstofen mit Gasfeuerung.

Allen Erfordernissen, die man von einem Gasofen verlangen kann, scheint die auf Taf. III. angegebene Construction zu entsprechen. Denn im Allgemeinen kann man von genanntem Ofen sagen, daß er Einfachheit mit Zweckmäßigkeit verbindet, Eigenschaften, von denen die erstere die Manipulation und Unterhaltungskosten vermindert, die letztere jedoch die Möglichkeit der Hervorbringung des höchsten Effects gewährt; und daß seine Construction auf eine richtige Theorie des Luftzuges und eine bestmöglichste Benutzung der aus dem Brennmaterial entwickelten Hitze basirt ist, scheint aus den ausgezeichneten Resultaten seiner Wirksamkeit in mehreren hüttenmännischen Officinen hervorzugehen.

Im Speciellen ist der Feuerungsraum nach dem Principe der Bischoff'schen Gasgeneratoren eingerichtet. Zu beiden Seiten

des mit Brennmaterial durch die Oeffnung *a* zu füllenden Schachtofens laufen zwei Verbrennungsluftzuführungscanäle (*e* und *f*) in die Höhe, vereinigen sich sämmtlich in einen Canal *g*, welcher hierauf nach dem Gascanal *h* zu bis auf einen schmalen Schlitz von nur 1½ Zoll Weite abläuft. Zur Regulirung der Verbrennungsluft dienen die Schieber *m* und *m* und zur Regulirung der durch den Rost strömenden Luft entweder ein Schieber im Gascanale oder, da dieser nicht gut hält, eine Thür in der Hauptanzucht, womit man den Luftstrom entweder sogleich in die Esse und so von dem Roste wegleiten oder nach Schließung der Thür den Luftzug durch den Rost hindurchnöthigen kann.

Die Hauptersordernisse, die man an einen guten Generator stellt, sind aber:

1) »daß kein Theil der brennbaren Gase, in welche das Brennmaterial verwandelt wird, unverzehrt und unbenutzt durch den Schornstein geht«;

2) »daß aber auch keine große Menge zuströmender, atmosphärischer Luft unzersetzt bleibt und so eine Erniedrigung der Temperatur im Ofen verursacht«.

Diese beiden Hauptpunkte werden aber nur erreicht:

1) wenn die durch den Rost eindringende atmosphärische Luft unzersetzt nicht in den Röstofen gelangen kann, also stets durch eine constante, hinreichend hohe und glühende Brennmaterialschicht dringen muß;

2) wenn das Brennmaterial, bevor es zur Verbrennung gelangt, vollkommen vorbereitet wird, und dies kann, ohne daß ein besonderer Aufwand erforderlich wird, ebenfalls nur durch eine hohe Brennmaterialschicht erlangt werden. Denn dadurch wird das Brennmaterial während seines Niederganges bis zum Rost, d. h. bis zu der Zone, wo die eigentliche Verbrennung erst erfolgt, einer allmählig steigenden Temperatur ausgesetzt und somit zuerst das Wasser, dann die Destillationsproducte in immer gleichen Mengen entwickelt, so daß nicht die Destillationsproducte zu einzelnen Zeiten vorherr-

schen und dann in einer schwarzen Rauchsäule unbenutzt verloren gehen;

3) wenn der durch die stärkere Lage von Brennmaterial wie auch durch das Aufblähen und Backen mancher Steinkohlen geschwächte Luftzug durch theilweise Anwendung von porösem, bei keiner Temperatur eine andere Gestalt annehmendem Brennmaterial, z. B. von Coaks, wieder verstärkt wird. Zum größten Theil muß aber dieser durch den Rost strömende Luftzug durch ein Saugenlassen der Verbrennungsluft auf die im Generator entwickelten Gase ersetzt werden, und das kann nur dadurch geschehen, daß die Verbrennungsluft über dem Gascanal eingeführt, somit ihre Zughöhe, also auch ihre Geschwindigkeit gegen die der Gase vermehrt wird;

4) wenn man die zur Verbrennung der Gase nöthige Luft in einem möglichst *leicht zersetzbaren Zustande*, d. h. heiß einführt. Einfacher und wohlfeiler als in der Zeichnung, Taf. III., angedeutet, kann man sich aber keinen Apparat zur Erwärmung der Luft denken; denn hier geschieht dies durch die ausstrahlende Wärme des Rostes, indem die Luftzuführungscanäle unmittelbar am Roste im Aschenfalle oder, wenn man eine sehr hohe Temperatur im Ofen erreichen will, zur Hälfte sogar über dem Roste angesetzt sind, in welchem letzteren Falle die Luft durch die heiße Schlacke und Asche erwärmt, aber lange noch nicht hierdurch an dem Eintritte gehindert, an der Geschwindigkeit aber allerdings etwas gehemmt wird; alsdann braucht man aber nur dafür am Querschnitt zuzusetzen. Namentlich wird aber die Luft noch im Vereinigungscanale *g* durch die darunter hinströmenden, sehr heißen Gase erwärmt;

5) wenn die *Mengung* der Gase mit der atmosphärischen Luft aufs Sorgfältigste erfolgt. Dies erreicht man vollkommen nicht nur dadurch, daß man den durch die Feuerbrücke und das Ofengewölbe gebildeten Verbrennungscanal nicht zu weit macht, lieber ihn nach und nach etwas verengt, also eine gewisse Spannung daselbst hervorbringt, und ihn nur so lang herstellt, daß zwar die darüber hinziehenden brennbaren Gase mit der Verbrennungsluft sich

vollkommen mengen, jedoch erst beim Eintritt in den Röstofen verbrennen, sondern auch und vorzüglich dadurch, daß man die Verbrennungsluft in möglichst dünnen Spalten (wie Taf. III. Fig. 1 zeigt) oder in einzelnen Röhrchen, so weit hierdurch die in der Praxis vor allen Dingen nöthige Einfachheit und der ökonomische Standpunkt nicht beeinträchtigt wird, einführt. Denn wird die Verbrennungsluft nicht durch eine enge Spalte, sondern durch eine Oeffnung von quadratischem oder rundem, aber natürlich von demselben Querschnitte zu den Gasen geleitet, so erfolgt die Mengung mit den Gasen nicht vollständig, und zu viel unwirksame, nur unnöthige Erwärmung erfordernde atmosphärische Luft zieht durch den Ofen, weil dann der Luftstrom zu stark ist, d. h. mit zu großem Querschnitte, als daß der mittlere Luftfaden mit den Gasen an dem bestimmten Punkte sich vollkommen mischen könnte. Je enger man aber den Schlitz macht, mit desto größerer Pressung tritt bei einem guten, vorzüglich durch einen tiefen Aschenfall erhöhten Luftzuge die Luft in den Gascanal ein und begünstigt daher ihre Mengung mit den Gasen, namentlich wenn sie stechend auf den Gasstrom eingeleitet wird, wie Fig. 1 zeigt;

6) wenn das Gas auf einem nicht zu langen Wege aus dem Generator in den Verbrennungsraum gelangt, indem lange Gasleitungsröhren, mögen sie auch aus einem noch so schlechten Wärmeleiter hergestellt sein, allemal mit Wärmeverlust in Folge der Ausstrahlung verbunden sind;

7) wenn die Seitenwände des Generators so stark erbaut sind, daß eine möglichst geringe Wärmeausstrahlung erfolgen kann;

8) wenn endlich das Quantitätsverhältniß der Verbrennungsluft und der Gase durch Schieber *m* oder Klappen genau regulirt werden kann; jedoch muß man hier von einer berechneten Genauigkeit ganz absehen, da weder die während einer gewissen Zeit sich erzeugende Gasmenge, noch die Luftmenge mit Sicherheit sich ermitteln und bestimmen läßt; sondern man kann sich hier nur aufs

Versuchen und Probiren stützen und beobachten, wann der günstigste Effect erreicht ist.

Der größte Vortheil, der aus der Anwendung von Gasfeuerung hervorgeht, besteht außer dem, daß man eine reine, nicht rußende Flamme erlangt, noch darin, daß man die beim Flammenhüttenbetrieb durch ein Siebsetzen leicht zu gewinnenden Cinders verwenden kann. Diese bedingen aber andere Dimensionen und größere Aufmerksamkeit, als die besseren Brennmaterialien, weil sie

1) wegen der Kleinheit ihres Kornes den Luftzug sehr vermindern, daher sich die brennbaren Gase in dem Verbrennungscanal zu langsam bewegen und die Verbrennung in kürzerer Entfernung vom Feuerraume weg vollendet wird, als da, wo man sie nöthig hat; folglich wird die Hitze wegen zu langsamen Wechsels der Gase nie intensiv genug sein können, selbst wenn man durch einen weiteren Feuerungsraum die sich aus den Cinders nur sehr spärlich entwickelnden Gasquantitäten vermehren würde. Wiewohl man bei einem kleinen Feuerungsraum durch Erhöhung der Esse oder durch Anlegung von sehr tiefen Canälen den Luftzug so verstärken kann, daß eine gleich große Menge von Gas erzeugt würde, als bei einem weiteren Gasofen, indem man dadurch die Verbrennungszone weiter nach oben sich ausdehnen ließe, so ist es doch nicht gut; denn es würden alsdann, ganz abgesehen von der Vermehrung des Flugstaubs, die Gase zum Theil leicht noch kohlensäurehaltig in den Ofen treten, also von viel geringerem Brenneffecte sein, außerdem aber würde noch eine überschüssige Menge von Luft unnöthigerweise erwärmt werden müssen. Außerdem hat auch eine Erhöhung der Brennmaterialien in der Praxis seine Grenze, so daß man sich durch Mitbenutzung von Coaks, Steinkohlen oder anderen Brennmaterialien, deren größeres Format Zwischenräume in dem Feuerungsraume bildet, durch welche der Zug erfolgen kann, helfen muß;

2) weil sie eine sehr bedeutende Menge von Asche liefern, wodurch leicht eine Verstopfung des Rostes eintreten kann;

3) weil sie durch ihren Gehalt an leichtflüssigen, nicht zu be-

seitigenden Schlackentheilchen unterhalb der Mündung des Gasableitungscanales (Fig. 1, *b*), nach welcher Richtung hin die glühend heißen Gase ihren Zug nehmen und daselbst eine Frittung der leichtflüssigen Verbindungen bewirken können, Ansätze von Schlackenwülsten bilden und so ein langsames und ungleichförmiges Niedergehen oder Kippen der Brennmaterialschichten, unregelmäßige Ableitung der Gase und Hemmung des Zugs verursachen;

4) weil sie in Folge der verhältnißmäßig geringen Menge des in ihnen noch enthaltenen Brennstoffs, der höchst langsamen Gasentwickelung und des gänzlichen Mangels an einem Gehalte von Kohlenwasserstoff sich sehr schwer entzünden, nur Kohlenoxydgas und nur eine schwache Hitze geben, somit erst angewendet werden können, wenn der Ofen in die größte Hitze gekommen ist;

5) weil sie endlich durch die nasse Aufbereitung gewonnen werden, somit noch viel Wasser enthalten und eine sorgfältige Abtrocknung erheischen, eine Arbeit, die jedoch in den meisten Fällen ohne große Kosten an Zeit durch Benutzung der ausstrahlenden oder der sonst in dem Schornstein verloren gehenden Wärme erreicht werden kann. Selbst wenn man auch nur eine mittlere Hitze erzielen will, so ist das Abtrocknen unbedingt nöthig, weil sogar die kräftigsten Kohlenwasserstoffgase, wenn sie mit bedeutenden Mengen Wasserdampf gemengt sind, keine gewünschte Hitze geben, indem der Wasserdampf, ehe er verbrennbar, d. h. ehe er in seine Bestandtheile zerlegt wird, einer hohen Temperatur bedarf und er diese der Hitze, die durch das Verbrennen der Gase erzeugt wird, entzieht. Allerdings findet man häufig die Meinung verbreitet, daß durch nasses Brennmaterial oder durch Zuströmenlassen von Dampf die Hitze sich in Folge der Bildung von Kohlenwasserstoffgas erhöhen lasse; jedoch wenn Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser sich verbindet, d. h. verbrennt, wird eine Wärmemenge erzeugt, die höchst wahrscheinlich im günstigsten Falle in demselben Grade erfordert wird, um das Wasser wieder in seine Bestandtheile, Wasserstoff und Sauerstoff, zu zersetzen; jedesmal entsteht aber noch ein bedeutender Ver-

luft durch das Latentwerden von Wärme, wenn das im Brennmaterial enthaltene Wasser in Dampf verwandelt wird, und der Vortheil, daß der durch Zersetzung des Wasserdampfes innerhalb des Generators frei gewordene Wasserstoff im Röstofen erst verbrennt, also die Wärmequelle vom Generator an den Ort versetzt wird, an welchem sie zur unmittelbaren Benutzung kommt, möchte wohl nicht den Nachtheil des Latentwerdens von Wärme übertragen.

Was die Bedienung eines solchen Gasofens anbelangt, so besteht sie darin, daß man für den Anfang klares Holz auf den Rost bringt, darauf den Generator mit Torf anfüllt, das Holz unten anzündet, sobald aber der Torf über und über brennt und Raum im Generator frei geworden ist, ein Gemenge von Torf und dem später anzuwendenden Brennmaterial (Steinkohlen und Coaks), und dann nur das letztere füllt; so lange jedoch der Ofen noch nicht die hinreichende Hitze erreicht hat, muß man klares Brennmaterial, z. B. Cinders, vermeiden. Der Verschluß des Deckels erfolgt mit Sand. Der Arbeiter hat nun sein Augenmerk nicht nur auf eine gleichförmige Füllung zu richten, sondern auch und vorzüglich auf die Herstellung eines schlackigen Rostes aus der Asche des Brennmaterials und auf die Offenhaltung desselben. Sollte aber eine Schlackenbildung nicht erfolgen, so ist man genöthigt, unter das Brennmaterial geringe Mengen von solchen Substanzen (meistens Kalk) zu mischen, die unter dem Einflusse einer hohen Temperatur mit der Asche eine hinreichend weiche Masse geben, ohne daß ein Herabschmelzen derselben vom Roste wahrzunehmen ist. Hat man aber durch eine schlechte Bedienung des Ofens keine Schlacke erhalten, sondern liegt das glühende Brennmaterial unmittelbar auf dem Roste, wo man dann auch allemal schlechte Hitze im Ofen hat, so darf man nicht den Rost räumen, sondern muß das Brennmaterial ungestört liegen und nur grobe Stücken Steinkohle und Coaks füllen lassen, bis die Schlackenbildung auf dem Rost wieder eintritt. — Durch die fortschreitende Verbrennung würde sich nach und nach die Schlacke auf dem Roste so sehr anhäufen, daß eine Verstopfung

eintreten könnte, deshalb muß man sie von Zeit zu Zeit zerklüften und zum Theil durch den Rost fallen lassen, so daß immer wieder halberweichte Schlacke auf den Rost zu liegen kommt. Hierbei werden nur kleine Spalten und Löcher gebildet, durch welche die durch den Rost strömende Luft während ihres Durchganges vollkommen erwärmt, also schon vorbereitet in das glühende Brennmaterial eingeführt wird. Nur wenn der Ofen hohl steht, rüttelt man die im Schacht befindlichen Brennmaterialien durch die Oeffnungen *l*, Fig. 1, mit einem Böhrer auf oder man stößt vor dem jedesmaligen Füllen das Brennmaterial und die etwa an den Seiten hangende Schlacke mit einem langen Böhrer hinunter. Ebenso entfernt man auch durch die Oeffnungen *l*, welche für gewöhnlich dicht verschlossen gehalten werden, die unterhalb des Gasableitungscanales sich ansetzenden Schlackenwulste.

B. Manipulation.

Die Röstung ist die wichtigste von allen zur Extraction gehörigen Operationen; denn während die bei den übrigen Extractionsarbeiten entstehenden Fehler verbessert werden können, ist im Röstprocesse jede weitere Mühe, einem einmal entstandenen Uebel zu steuern, vergeblich, woraus erhellt, daß von ihm fast ganz allein ein günstiger oder ungünstiger Erfolg der Extraction abhängig ist und daß er die sorgfältigste Ausführung erfordert.

a. Vorrösten. Nach einer gleichmäßigen Vertheilung und Ausbreitung der drei bis vier Ctr. starken Post auf dem oberen Heerde krückt oder krählt der Röster die ganze Masse behutsam durch, sucht so viel wie möglich das Klümpern zu verhindern oder zerstört dieses sogleich wieder durch ein sorgfältiges, gewichtiges Durchklopfen der ganzen Masse mittelst eines starken langen Böhrers in radialen Streifen. Schon nach $1/4$ Stunde nimmt die Post an der Feuerbrücke eine schwache Rothglühhitze an, die nach und nach unter bedeutendem Aufblähen der ganzen Masse stärker wird und alsdann muß das Krählen und Krücken, welches mit dem Durchklopfen abwechselt,

schneller erfolgen, eines Theils, damit ein Klümpern vermieden, andern Theils, damit die Berührung aller Kupfersteintheilchen mit der oxydirenden atmosphärischen Luft so vollständig wie möglich erreicht wird. Vorzüglich sind die Ecken und Seitenwände rein vom Kupferstein zu halten, auch muß rein vom Heerde weggekrählt werden, damit sich nicht Schalen von zusammengesintertem und dann schmelzendem Steine auf dem Heerde auflegen können. Zugleich ist es auch vortheilhaft, selbst auf dem oberen Heerde zu wenden, d. h. das Mehl, welches an der Feuerbrücke gelegen hat, und der meisten Hitze ausgesetzt gewesen ist, seinen Platz vertauschen zu lassen mit dem, welches bisjetzt mehr nach dem Fuchse hinlag. Zu diesem Ende wird die Post mit einer Krücke an allen Stellen vom Heerde weggekrückt und auf demselben dergestalt zusammengebracht, daß sie einen langen Kamm formirt, welcher sich von der Feuerseite nach der Fuchsseite erstreckt; hierauf schaufelt der Röster, von der Mitte des Kammes ausgehend, den dem Fuchse zunächst gelegenen Theil hinter den Kamm nach der Feuerbrücke zu und den daselbst befindlichen Theil nach dem Fuchse hin, so daß alle Theile der Post ein und derselben Temperatur ausgesetzt werden. In Folge des Wendens erhält aber der Stein nicht nur eine gleichförmigere Hitze, sondern es wird auch das Auflegen auf den Heerd verhindert, dem Heerde die nöthige Grundhitze ertheilt, so wie die Entwicklung von schwefliger Säure, d. h. das Abschwefeln sehr befördert. Ist das Abschwefeln im vollen Gange, so läßt man durch die bisher mit einem Ziegel verschlossenen Oeffnungen zur vollständigen Oxydirung und einiger Temperaturermäßigung frische atmosphärische Luft einströmen.

Nach 5 bis 5½ Stunden wird die Post auf den unteren Heerd gelassen und hier ebenso wie oben behandelt, nur daß sie hier einer viel höheren Temperatur ausgesetzt und der Feuerung näher gerückt, daher auch ein öfteres Wenden nothwendig ist. Nachdem die Post hier 2 Stunden einem mittelstarken Feuer, dann 2 bis 3 Stunden einem sehr starken Feuer ausgesetzt, d. h dem sogenannten Todtrösten unterworfen worden ist, wobei nur ein lichtrothes Glühen, Entweichen

b. Todtrösten.

von weißen dicken Dämpfen, vorzüglich an der Feuerbrücke, aber keine Spur von einem schwefligsauren Geruch wahrzunehmen ist, wird Probe genommen, d. h. mit einem Löffel etwas von der Feuerbrücke weg herausgeholt, in einer Porcellanschale als ein Kamm aufgeschüttet, und heißes Wasser auf das eine Ende getropft, bis es am entgegengesetzten Ende wieder herauskocht und, in die nur höchst schwach blau gefärbt sein sollende concentrirte Flüssigkeit ein Körnchen Kochsalz gebracht, wodurch ein käsiger Niederschlag um das Körnchen herum entsteht. Ist die Probe so und ohne allen grünlichen, von Eisenvitriol herrührenden Schein und ohne starker, vom Kupfervitriol verursachter blauer Färbung ausgefallen, so wendet man noch einmal und fährt mit der Feuerung so lange fort, bis das bisher am Fuchse gelegene, jetzt nach der Feuerbrücke gebrachte Mehl durch dieselbe Probe für gut befunden wird; alsdann zieht man die Hälfte des im Ofen befindlichen Kupfersteinmehles auf eine eiserne Platte heraus, vermengt sie höchstens mit 3% Salz und setzt sie wiederum zu der im Ofen liegen gelassenen halben Post, so daß also zum Rösten mit Salz, d. h. zum Gutrösten höchstens 1½ % Salz auf das ganze Mehl kommt, oder man mischt 2 Centner des in einem anderen Ofen todtgerösteten Mehles mit 9 Pfd. = 4,5% Salz und setzt diese in dem Ofen mit zu, so daß die Gutröstung 6 Ctr. beträgt. Hierdurch bezweckt man nicht nur das Abknistern, eine gleichförmige Vertheilung, und größere Ersparung des in hoher Hitze sich verflüchtigenden Salzes, sondern auch eine Abkühlung des im Ofen der größten Hitze ausgesetzten Mehles, so daß kein Verlust durch die bei hoher Rösthitze flüchtig werdenden Chlormetalle, als Chlorsilber und Chlorkupfer, entsteht, überhaupt aber die Chlorsilberbildung besser erfolgt. Nach einem halbstündigen schnellen Krählen, während dessen sich leichte graulichweiße Dämpfe entwickeln, läßt man die Post in das unter dem unteren Röstheerde befindliche Gewölbe, von wo es nach Bedarf zur Laugung entnommen wird. So wie der untere Heerd freigeworden ist, kommt die Post vom oberen Heerde herunter, wird hier ebenso behandelt, ebenfalls die

c. Probe für's Todtrösten.

d. Gutrösten.

Hälfte mit 3 % Salz beschickt und diese Mischung wiederum in den Ofen zurückgebracht oder man setzt noch ein Gemenge von in einem anderen Ofen vollkommen todtgeröstetem Mehle mit Salz hinzu, indem das Gutrösten ein starkes Haufwerk recht gut verträgt. Der obere Heerd wird aber auch wieder besetzt, wie aus der obigen Beschreibung der Röstofenconstruction hervorgeht.

Die Feuerung wird bei Wellholz von einem besonderen Heizer continuirlich unterhalten, die stärkste Hitze aber ungefähr 2 Stunden vor dem Salzzusatze anhaltend gegeben. Bei Gasfeuerung dagegen hilft man sich am Sichersten durchs Rosträumen, oder man vermindert den Zutritt von Verbrennungsluft etwas, wenn man die stärkste Hitze haben will.

e. Verfahren bei sehr viel Gröbe gebendem Stein od. uneingerichteten Arbeitern.

Sind jedoch die Arbeiter noch nicht gehörig eingeübt oder hält der Stein viel Speise und Blei, so ist der Stein nur 4 bis 5 Stunden im oberen und 4 bis 5 Stunden im unteren Heerde unter einer nach und nach verstärkten Hitze vollkommen todtzurösten, dann in mit feiner Gaze überzogenen Cylindersieben abzusieben, die Röst-Gröbe mittelst eines Walzwerkes zu zerquetschen und dann zu mahlen, das Siebfeine dagegen mit $1\frac{1}{2}$ % Kochsalz zu vermischen und noch $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden im unteren Heerde bei einem nicht geringen Feuer, aber stetem, wenn auch nicht sehr bedeutendem Luftzutritt durch die Oeffnungen y zu rösten. Die Gröbe vom Vor- und Todtrösten setzt man nach ihrem Mahlen zu der schon 4 bis 5 Stunden im oberen Heerde gerösteten Vorröstpost, so daß sie im unteren Heerde somit noch 4 bis 5 Stunden behandelt wird; da sie jedoch nicht nur Mahlkosten verlangt, sondern auch das noch nicht vollständig abgeschwefelte Mehl bei ihrem Zusatze etwas erkältet, und zu Verlusten durch Verstäubung bei ihrer Verarbeitung Veranlassung giebt, so sieht man wohl ein, wie sehr man ihre Bildung vermeiden, wie sehr man beim Spuren oder besser vor dem Spuren bedacht sein muß, das Blei und die Speise abzuscheiden und nur möglichst reine Schwefelmetalle der Extraction

zu übergeben. Unter diesen Verhältnissen kommt auch der Flugstaub vom Vorrösten zum Vorrösten und der vom Gutrösten zum Gutrösten.

Durch das Rösten nehmen übrigens die Posten an Gewicht bedeutend zu, indem die Gewichtsmenge des zutretenden Sauerstoffs den Abgang an Schwefel, Gasen, Antimon, bei weitem übersteigt und erhalten ein dunkel grauschwarzes, wolliges Ansehen.

f. Vorsichtsmaßregeln.

Entwickelt sich beim Mischen der todtgerösteten Post mit Salz nach einiger Röstzeit ein sehr stark auffallender Geruch, zeigt sich ein starkes Glühen über die ganze Post und nimmt die Röstflamme eine blaue, ins Violette spielende Farbe an, so ist das Todtrösten noch nicht vollständig erfolgt; die aber einmal mit Salz gemengte Post muß kalt eingesetzt und besonders gelaugt werden und, um Chlorkupfer- und Chlorsilberverflüchtigung zu vermeiden, bei starkem Luftzutritt, gutem Krählen und Wenden und einer nur nach und nach sich steigernden Hitze geröstet und zuletzt, da dann alles Kochsalz in Glaubersalz zersetzt, ein kleiner Ueberschuß von Kochsalz aber verlangt wird, noch 1 % Kochsalz zugefügt werden.

g. Flugstaub.

Der Flugstaub wird unter das vorzuröstende Kupfersteinmehl gemischt.

C. Theorie.

In theoretischer Beziehung ist der Röstproceß einer der interessantesten, aber auch einer der verwickeltsten unter allen hüttenmännischen Processen, und da ein Jeder bei der Ausführung desselben vollkommen klar darüber sein muß, so ist gewiß eine ausführliche theoretische Auseinandersetzung desselben hier an Ort und Stelle.

Es besteht nämlich der Spurstein zum größten Theil aus:

Halbschwefelkupfer ($\overset{,}{Cu}$),

zweitem Unterschwefeleisen ($\overset{,}{Fe}$),

dem Untersulfuret des Bleies ($\overset{,}{Pb}$),

Schwefelzink ($\overset{,}{Zn}$),

Schwefelsilber ($\overset{,}{Ag}$),

Schwefelmangan ($\acute{Mn}$),

Arsennickel und Arsenkobalt $\left(\begin{matrix}Ni\\Co\end{matrix}\right\} As\right)$,

Schwefelantimon ($\overset{'''}{Sb}$) und

Schwefelarsen ($\overset{'''}{As}$)

Unterwirft man eine jede dieser Verbindungen für sich einer sorgfältigen Röstung, so zersetzt sich das

Halbschwefelkupfer ($\acute{Cu}$) anfangs in rothes Kupferoxydul und schweflige Säure, nach der Verminderung der schwefligsauren Gasentwicklung aber, wenn der Sauerstoff der zutretenden atmosphärischen Luft nicht mehr durch den Schwefel allein zur Bildung der schwefligen Säure absorbirt wird, entsteht Kupferoxyd und schwefelsaures Kupferoxyd. Steigert man nun die Temperatur, so wird ein Theil der Schwefelsäure der letzteren Verbindung unter Zurücklassung von basisch schwefelsaurem Kupferoxyde ($Cu^3\dddot{S}$) in Sauerstoff, der mit dem etwa noch vorhandenen Kupferoxydul zu Kupferoxyd sich vereinigt, und in sich verflüchtigende schweflige Säure zerlegt. Erhöht man aber noch mehr die Temperatur, so wird noch der letzte Antheil der Schwefelsäure als weißer dicker Dampf ausgetrieben und nur reines Kupferoxyd gebildet, jedoch ist dieses durch Rösten in einem gewöhnlichen Flammenofen vollständig nicht zu erlangen, wird aber auch nicht in diesem Grade für den Extractionsproceß erfordert. Setzt man aber das Schwefelkupfer anfänglich sogleich einer zu hohen Temperatur aus, so daß die Abröstung unvollkommen erfolgt und das noch vorhandene an und für sich schon sehr leicht schmelzbare Schwefelmetall zum Schmelzen kommt, so kann durch die gegenseitige Zersetzung des schon gebildeten Kupferoxyds und des noch unzersetzt gebliebenen Schwefelkupfers unter Entwicklung von schwefliger Säure und somit unter Abschluß des Sauerstoffs der Luft metallisches Kupfer neben Unterschwefelkupfer sich bilden. Daraus schon geht hervor, daß man das Anglühen des Steins sehr langsam und bei möglichst geringer Temperatur erfolgen

lassen muß, wozu der obere Heerd des Doppelröstofens sich ganz vortrefflich eignet.

Das Unterschwefeleisen ($\overset{\prime}{Fe}$) verwandelt sich zuerst in Eisenoxydul, schweflige Säure und schwefelsaures Eisenoxydul. Bei weiterer Unterhaltung der Rothglühhitze entwickelt sich aber immer noch schweflige Säure, indem ein Theil der Schwefelsäure des schwefelsauren Eisenoxyduls sich in schweflige Säure und in Sauerstoff, welcher unter Begünstigung der atmosphärischen Luft das Eisenoxydul des Salzes in Eisenoxyd umändert, zersetzt und schwefelsaures Eisenoxyd zurückbleibt; denn $2FeO\,SO_3$, d. i. $Fe_2O_2 + 2SO_3$ geben $Fe_2O_3SO_3$ und SO_2, oder wenn die Temperatur etwas höher gesteigert wurde, ein Gemenge von Eisenoxyd und basisch schwefelsaurem Eisenoxyde ($\overset{\cdots\prime}{Fe}{}^3\,\overset{\cdots}{S}$). Durch eine noch mehr erhöhte Temperatur kann, selbst in einem gewöhnlichen Röstofen, noch dieser letzte Antheil Schwefelsäure als weißer Dampf verflüchtigt werden.

Das Untersulfuret des Bleies ($\overset{\prime}{Pb}$) ändert sich bei einer höchst sorgfältig geführten Röstung nur zum geringsten Theile in schweflige Säure und in Bleioxyd, zum größten Theile aber in schwefelsaures Bleioxyd um; selbst die stärkste Rothglühhitze ist nicht im Stande, die Schwefelsäure des Bleivitriols zu zerstören und Bleioxyd zu bilden, wenn nicht etwa vorhandene Kieselerde unter Abscheidung von schwefliger Säure oder Wasserdämpfe ihren zersetzenden Einfluß darauf ausüben.

Schwefelzink ($\overset{\prime}{Zn}$) giebt bei seiner Röstung Zinkoxyd und schwefelsaures Zinkoxyd, bedarf aber im Allgemeinen einer viel höheren Temperatur und länger fortgesetzten Röstung, als die vorhergehenden Verbindungen, zu seiner Zersetzung; ebenso bildet sich bei gesteigerter Temperatur aus dem schwefelsauren Zinkoxyd unter Austreibung eines Theils Schwefelsäure basisch schwefelsaures Zinkoxyd ($Zn_3\,\overset{\cdots}{S}$), bis auch dieses bei der stärksten Rothglühhitze unter Verflüchtigung der ganzen Schwefelsäure in Zinkoxyd umgewandelt wird.

Schwefelmangan ($\acute{Mn}$) verhält sich ganz analog dem Schwefeleisen, bildet also Manganoxyd und schwefelsaures Manganoxydul und nach der höchsten Rösthitze nur Manganoxyd.

Schwefelsilber ($\acute{Ag}$) wird für sich allein selbst durch's sorgfältigste Rösten immer nur in metallisches Silber umgewandelt.

Schwefelantimon ($\overset{'''}{Sb}$), welches übrigens nur bei einer vom Anfange bis zum Ende der Operation gleichförmigen mäßigen Temperatur geröstet werden darf, kann nur zum Theil wegen seiner leichten Schmelzbarkeit durch die Röstung zerlegt werden in ein Gemenge von antimoniger Säure und Antimonoxyd, welches nur bei sehr hoher Temperatur flüchtig wird; zum größten Theil bleibt Schwefelantimon eingemengt.

Schwefelarsen ($\overset{'''}{As}$), welches aber nur in Verbindung mit anderen Schwefelmetallen im Steine vorhanden ist, verflüchtigt sich theils als solches, theils als arsenige und schweflige Säure.

Endlich liefern die Arsenmetalle, als Arsennickel und Arsenkobalt $\left(\begin{matrix}Ni\\Co\end{matrix}\Big\} As\right)$, unter Abscheidung von arseniger Säure arseniksaure Metalloxydsalze.

Werden aber diese Schwefel- und Arsenmetalle zusammengemengt und einer Röstung unterworfen, so begünstigen sie gegenseitig ihre Oxydation; denn es befördert ein Vorhandensein von Schwefeleisen bei der Röstung die Oxydation des Schwefelkupfers und das von Schwefelkupfer die Bildung von Silbervitriol aus dem Schwefelsilber; ebenso erleichtert wesentlich das Schwefeleisen bei der Röstung die Zersetzung des Schwefelzinks und die der Arsenmetalle. Denn das schon während der eigentlichen Abschweflungsperiode sich aus Schwefeleisen erzeugende schwefelsaure Eisenoxyd verwandelt auf Kosten des Sauerstoffs seiner Schwefelsäure das Schwefelkupfer oder Kupferoxydul in schwefelsaures Kupferoxyd, und dieses wieder nach demselben Principe das Schwefelsilber unter Entwicklung von schwefliger Säure in schwefelsaures Silberoxyd, welches

alsdann mit heißem Wasser ausgezogen werden kann und sich erst bei einer lange anhaltenden sehr hohen Temperatur in metallisches Silber, Sauerstoff und schweflige Säure zersetzt. Ebenso wirken die aus demselben Schwefelmetalle entstandenen schwefelsauren Salze, vorzüglich die des Eisens und Kupfers oxydirend auf noch andere sich schwer röstende Verbindungen, theils durch die bei der Oxydation des Schwefels erzeugte und sehr gleichförmige Temperatur, theils durch den Sauerstoff der Alles durchdringenden, flüchtig werdenden Schwefelsäure; daher wird z. B. das sehr schwer und nur bei einer sehr hohen Röstthitze sich oxydirende Schwefelzink mit Schwefeleisen oder auch mit schwefelsauren Eisenoxydsalzen sehr leicht zu schwefelsaurem Zinkoxyd umgewandelt, und selbst schwer zerlegbare, sich auch während der Abschweflungsperiode bildende Metalloxydsalze werden durch schwefelsaures Eisenoxyd in schwefelsaure und daher durch hohe Temperatur zerlegbare Salze umgewandelt, wie z. B. arsensaures Kobaltoxydul dadurch unter Erzeugung von schwefelsaurem Kobaltoxydul und arsensaurem Eisenoxyd zersetzt wird. Außerdem dient aber auch das aus dem Schwefeleisen entstehende Eisenoxyd zur Trennung und daher auch vollkommenen Abröstung der leicht zusammensinternden und leicht schmelzbaren Metallverbindungen.

Hieraus geht auch hervor, daß man bei einer vorsichtigen und vollkommen rein oxydirenden Röstung, die man aber nur durch Anwendung künstlicher Mittel zu erreichen im Stande ist, die schwefelsauren Metalloxydsalze von einander trennen kann, ebenso wie man auf nassem Wege und auch in derselben Reihenfolge nach vorausgegangener Oxydation die Oxyde oder Superoxyde von einander abscheidet. Für unseren Fall ist es aber vorzüglich wichtig, zu wissen, daß sich das sich zuerst bildende schwefelsaure Eisenoxyd auch wieder zuerst zersetzt, dann bei erhöhter Temperatur der größte Theil des schwefelsauren Kupferoxyds und zuletzt bei der größten Röstthitze das schwefelsaure Silberoxyd, welches erst bei einem sehr starken und lange anhaltenden Glühen in Me-

tall, Sauerstoff und schweflige Säure zersetzt wird. Deshalb erfolgt auch bei der Röstung des Kupfersteins eine Steigerung der Hitze, bis endlich schwefelsaures Silberoxyd in hinreichender Menge sich erzeugt hat, worauf auch die oben erwähnte Probe zur Bestimmung der Zeit zum Salzzusatze basirt ist, wie man nun leicht einsehen wird.

Bei genannter Probe muß ich noch bemerken, daß sich mitten und auf dem todtgerösteten Steine metallisches Silber in kleinen Knospen ausscheidet, wenn die durch Behandlung desselben mit warmem Wasser entstandene schwefelsaure Silberoxydlösung nicht schnell genug vom Kupferstein abfiltrirt wird, weil selbst nach einer sorgfältigen Röstung in den kleinsten Körnchen noch hier und da Kupferoxydul enthalten ist und dadurch das schwefelsaure Silberoxyd leicht reducirt wird. Eine gleiche Reduction des schwefelsauren Silberoxyds erfolgt natürlich auch, wenn man das todtgeröstete Mehl der feuchten Luft aussetzt, indem das Mehl mit Heftigkeit das Wasser aus der Luft anzieht; daher mag wohl auch die in manchen Werken angeführte Beobachtung herrühren, daß, wenn man todtgerösteten Kupferstein mit Wasser auslaugt, ein Theil des Silbers in metallischem Zustande zurückbleibt, während doch metallisches Silber mit schwefelsaurem Kupferoxyd zusammengeschmolzen nur schwefelsaures Silberoxyd liefert, indem dann kein Reductionsmittel (z. B. kein Kupferoxydul) vorhanden ist.

Bringt man nun zu diesen nach dem Todtrösten zurückgebliebenen Oxyden und basischen Metalloxydsalzen Kochsalz, d. h. schreitet man zum Gut- oder Garrösten, so oxydirt sich auf Kosten der durch die Hitze frei gewordenen Schwefelsäure der Metalloxydsalze (da bekanntlich die Dämpfe der trockenen Schwefelsäure ihren Sauerstoff loser gebunden halten, als die Borax- und Phosphorsäure) das Natrium des Kochsalzes unter Begünstigung der atmosphärischen Luft und entwickelt wird schweflige Säure und freies Chlor, welches die Metallsalze und die noch unzersetzten Schwefel-, Arsen- und Antimonmetalle oder das durch zu starkes und zu langes

Todtröstern ausgeschiedene metallische Silber in Berührung mit Kochsalz in Chlormetall verwandelt, während sich ein anderer Theil der unzersetzt gebliebenen Schwefelsäure mit dem gebildeten Natron zu schwefelsaurem Natron vereinigte $(NaCl + 2\dddot{S} = \dot{Na}\dddot{S} + \ddot{S} + Cl)$. Daraus ersieht man wohl, daß eine besondere sorgfältige Mengung des Chlornatriums mit den Oxyden und Metalloxydsalzen nicht unbedingt nöthig ist, wiewohl diese Umwandlung schneller von Statten geht, wenn genannte Metallverbindungen in unmittelbarer Berührung mit dem Kochsalze einer höheren Temperatur ausgesetzt werden; metallisches Silber aber wird nur in inniger Mengung mit dem Kochsalze durch die Rothglühhitze so zerlegt, daß sich Chlorsilber bildet, das frei werdende Natrium dagegen sich verflüchtigt, sich dabei in Berührung mit der Luft oxydirt und mit den übrigen Dämpfen als Natron fortgeht; denn das auf der Oberfläche des Silbers durch die Einwirkung des Chlors entstehende Chlorsilber muß Gelegenheit haben, von den unmittelbar daneben befindlichen Kochsalztheilchen sich auflösen zu lassen und so eine neue metallische Oberfläche immer wieder der Einwirkung des Chlors auszusetzen. Außerdem bilden sich aber auch noch andere Chlormetalle, welche an das Metallsilber oder an noch unzersetzte Metallverbindungen einen Theil ihres Chlors abzugeben im Stande sind, als Chlorkupfer, Chloreisen, Chlormangan.

Zur näheren Erläuterung obiger Bemerkungen möge als Beispiel schwefelsaures Kupferoxyd dienen, welches mit Chlornatrium gemengt und bis zum Rothglühen erhitzt, sich in Folge der Einwirkung seiner Schwefelsäure auf das Natrium des Chlornatriums in Kupferchlorür, und bei Zutritt von atmosphärischer Luft in Kupferchlorid, verwandelt unter Bildung von freiem, sich verflüchtigendem Chlor und zurückbleibendem schwefelsauren Natron, indem ein Theil der durch die Rothglühhitze aus dem Kupferoxydsalze freigewordenen Schwefelsäure, sowie die atmosphärische Luft ein Atom Sauerstoff an das Natrium des Kochsalzes abgiebt und Natron erzeugt, während der unzersetzte Theil Schwefelsäure sich mit dem Natron zu

schwefelsaurem Natron, das Chlor des Chlornatriums dagegen zum größten Theile frei wird und schwefelsaures Silberoxyd in Chlorsilber umwandelt, zum Theil aber auch mit dem Kupfer zu Kupferchlorür sich verbindet. Dieses Kupferchlorür verwandelt sich aber bei Luftzutritt erhitzt wie das Eisenchlorür $(6FeCl+3O=2FeCl^3+Fe^2O^3)$ in Kupferchlorid und zurückbleibendes Kupferoxyd und dieses Kupferchlorid giebt mit Silber oder mit den Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen desselben stark bis zu seiner Verflüchtigung erhitzt die Hälfte seines Chlors an diese Substanzen ab und es wird Chlorsilber gebildet, im zweiten Falle (bei $\overset{\prime}{Ag}$; $\overset{\prime}{Ag}\overset{\prime\prime\prime}{\bar{As}}$ oder $Ag\overset{\prime\prime\prime}{\bar{Sb}}$) noch unter Entweichen von Chlorschwefel, Chlorarsen oder Chlorantimon.

Endlich befördert noch der in Folge des Verbrennungsprocesses vorzüglich bei Wellholzfeuerung entstehende Wasserdampf die Verchlorung des Silbers, indem sich die durch die Hitze aus den Metallsalzen ausgetriebene Schwefelsäure in wasserhaltige umändert und das Kochsalz alsdann so zerlegt, daß der Sauerstoff des Wasserdampfes sich mit dem Natrium des Chlornatriums zu Natron und dieses wiederum mit der Schwefelsäure zu Glaubersalz vereinigt, während der Wasserstoff des Wassers mit dem Chlor des Chlornatriums zu Chlorwasserstoffsäure sich verbindet. Daß diese Chlorwasserstoffsäure ein ausgezeichnetes Verchlorungsmittel, vorzüglich für die schwer sich zersetzenden Arsen- und Antimonverbindungen ist, läßt sich wohl leicht begreifen; deshalb ist auch in Freiberg eine besondere Einleitung von Wasserdämpfen während des Garröstens der Amalgamirerze zur Erzeugung von Chlorwasserstoffsäure und der dadurch zu bewirkenden Zersetzung der antimon- und arsensauren Silberoxydsalze versucht worden und würde sich gewiß einer Einführung im Großen zu erfreuen gehabt haben, wenn nur ein unter dem Roste angebrachtes mit Wasser gefülltes Bassin ausreichend, ein besonderer Dampfentwicklungsapparat aber nicht zu kostspielig in der Unterhaltung und zu complicirt wäre, sowie endlich die Essen- und Ofenwände nicht zu sehr dadurch angegriffen würden.

Denn das Einströmenlassen von Wasserdämpfen während des Gutröstens gewährt außer der vollkommeneren Chlorsilberbildung noch den der Zersetzung der die Lauge verunreinigenden Metallchlorüre in unlösliche Oxyde; so liefert z. B. Eisenchlorür, der Rothglühhitze zugleich mit Wasserdämpfen ausgesetzt, salzsaures Gas und sogleich an der Luft zu Wasser verbrennenden Wasserstoff unter Bildung von ebenfalls an der Luft zu Eisenoxyd sich oxydirendem Eisenoxydoxydul
$[3\,\mathrm{Fe}\bar{\mathrm{Cl}} + 4\,\bar{\mathrm{H}}\mathrm{O} + \text{Luft} = \dot{\mathrm{Fe}}\,\dddot{\bar{\mathrm{Fe}}} + 3\,\dot{\bar{\mathrm{H}}}\bar{\mathrm{Cl}} + \mathrm{H} + \text{Luft} = \dddot{\bar{\mathrm{Fe}}} + 3\,\bar{\mathrm{H}}\bar{\mathrm{Cl}} + \dot{\bar{\mathrm{H}}}]$.
Ebenso wird das Salzsäuregas durch metallisches, bei einem zu weit gegangenen Todtrösten entstehendes Silber unter Chlorsilberbildung und Wasserstoffgasentwicklung zersetzt, während umgekehrt Chlorsilber durch Wasserstoff zu metallischem Silber unter Chlorwasserstoffsäureentwicklung reducirt wird. — Ferner bekommt man durch Zulassen einer größeren oder geringeren Menge die Temperatur des Ofens ganz in seine Gewalt und kann so die Chlorsilberverflüchtigung vermindern. — Ferner gestatten die Wasserdämpfe bei Gegenwart von Quarz, was allerdings nur beim Erzextrahiren vorkommen kann, hier aber sogleich mit erwähnt werden mag, eine nicht unbedeutende Ersparniß an Eisenvitriol oder an anderen das Kochsalz zersetzenden Substanzen; denn alle Chlormetalle, die für sich nicht durch Weißglühhitze zersetzbar sind, wie die der Alkalimetalle, also auch des Chlornatriums, werden zersetzt, sobald Wasserdampf hinzutritt, indem sich nämlich der Sauerstoff desselben mit dem Natrium des Kochsalzes zu Natron, das von der Kieselerde sofort aufgenommen wird, vereinigt und der Wasserstoff des Wassers in Verbindung mit dem Chlor der Chlormetalle (des Chlornatriums) als salzsaures Gas entweicht und hierbei wirkt, wie wir oben gesehen haben.

Es könnte zwar den Anschein gewinnen, daß ein besonderes continuirliches Einleiten von Wasserdämpfen in die Röstmasse unnöthig wäre, da Wasser durch die Zersetzung der Salzsäure immer wieder hervorgebracht wird, und dieses wieder zur Salzsäurebildung

dienen kann, zumal da bei Anwendung eines Flammenfeuers das Brennmaterial bei seiner Verbrennung hinlängliches Wasser zum Anfange der Salzsäureerzeugung liefert; jedoch geht der größte Theil der gebildeten Salzsäure unzersetzt fort und so würde es bald an Wasser zur Salzsäurebildung fehlen.

Aber auch zum Todtrösten oder zur letzteren Zeit des Vorröstens gewährt die Anwendung von Wasserdämpfen unter Luftzutritt eine vollkommnere Oxydation; denn jeder beobachtende Röster weiß recht gut, daß man die durch etwas zu starkes Steinkohlenfeuer zusammengerösteten Erze durch Anwendung von Scheitholz beim Gutrösten wieder locker bringt und dieses rührt nur von dem Verbrennungsproducte des Holzes, dem gasförmigen Wasserdampfe her, indem derselbe in der Berührung mit den das Zusammenbacken verursachenden halb erweichten, noch nicht vollständig zersetzten Schwefelmetallen Schwefelwasserstoffgas, das aber an der Luft zu schwefliger Säure verbrennt, entwickelt und Metalloxyd zurückläßt.

Zur vollkommneren Uebersicht der Theorie des Extractionsröstprocesses mag noch folgende Tabelle dienen:

Bestandtheile des Spursteins.	Vorrösten.		Todtrösten.		Gutrösten.	
	Flüchtige Verbdgn.	Nach und nach entstehende, nicht flüchtige Verbindungen.	Flüchtige Verbdgn.	Zurückbleibende Verbindungen.	Flüchtige Verbindungen.	Zurückbleibende Verbindungen.
—	—	— —	—	—	$Cl, HCl, NaCl$	$\dot{Na}\ddot{S}, NaCl$
$\acute{Cu}$	$\ddot{S}$	$\dot{Cu}, \dot{Cu}, \dot{Cu}\ddot{S}, \dot{Cu}^3\dddot{S}$	$\ddot{S}, \dddot{S}$	$\dot{Cu}, \dot{Cu}^3\dddot{S}$	$CuCl$ in sehr geringer Menge	$\dot{Cu}, CuCl, CuCl$
$\acute{Fe}$	$\ddot{S}$	$\dot{Fe}, Fe\ddot{S}, \dddot{Fe}, \dddot{Fe}\ddot{S}, \dddot{Fe}^3\dddot{S}$	$\ddot{S}, \dddot{S}$	$\dddot{Fe}, \dddot{Fe}^3\dddot{S}$	$FeCl^3$	$\dddot{Fe}, FeCl^3, FeCl$
$\acute{Mn}$	$\ddot{S}$	$\dot{Mn}, \dot{Mn}\ddot{S}, \dddot{Mn}$	$\ddot{S}, \dddot{S}$	$\dddot{Mn}, \dot{Mn}\dddot{S}$	$MnCl$	$\dddot{Mn}, MnCl$
$\acute{Ag}$	—	$\acute{Ag}$	$\ddot{S}$	$\dot{Ag}\dddot{S}, \acute{Ag}$	SCl	$AgCl$
$\acute{Pb}$	..	$\dot{Pb}, \dot{Pb}\ddot{S}, \acute{Pb}$	$\ddot{S}$	$\dot{Pb}, \dot{Pb}\dddot{S}, \acute{Pb}$	$PbCl, SCl$	$\dot{Pb}, \dot{Pb}\dddot{S}, PbCl$
$\acute{Zn}$	$\ddot{S}$	$\dot{Zn}, \dot{Zn}\ddot{S}, \acute{Zn}$	$\ddot{S}, \dddot{S}$	$\dot{Zn}^3\dddot{S}, \acute{Zn}$	$ZnCl, SCl$	$\dot{Zn}, ZnCl$
$\acute{\acute{\acute{Sb}}}$	$\ddot{S}$	$\dddot{Sb}, \acute{\acute{\acute{Sb}}}$	$\dddot{Sb}$	$\dddot{Sb}, \acute{\acute{\acute{Sb}}}$	$SbCl^3, SCl$	$\dddot{Sb}, SbCl^3$
$\left.\begin{matrix}Co\\Ni\end{matrix}\right\}As$	$\dddot{As}$	$\left.\begin{matrix}\dot{Co}\\\dot{Ni}\end{matrix}\right\}\dddot{As}, \left.\begin{matrix}Co\\Ni\end{matrix}\right\}As$	$\dddot{As}$	$\left.\begin{matrix}\dot{Co}\\\dot{Ni}\end{matrix}\right\}\dddot{As}, \left.\begin{matrix}Co\\Ni\end{matrix}\right\}As$	$AsCl^3$	$\dot{Co}, \dot{Ni}, \left.\begin{matrix}\dot{Co}\\\dot{Ni}\end{matrix}\right\}\dddot{As}, \left.\begin{matrix}Co\\Ni\end{matrix}\right\}Cl$

Schlußfolgerungen aus der Theorie.

Aus der ganzen nun näher auseinandergesetzten Theorie geht hervor, daß Kupfersteine, welche bei einer sorgfältigen Röstung eine vollkommene schwefelsaure Silberoxydbildung gestatten, also frei von leichtflüssigen und daher sich schwer aufschließenden Antimon-, Arsen- und Bleiverbindungen sind, nur einer Berührung mit Chlordämpfen, also auch nur eines sehr kurzen Garröstens zur Chlorsilberbildung bedürfen, daß dagegen schweraufschließbare Verbindungen, wie alle antimon-, arsen- und bleihaltigen Producte, zur Chlorsilberbildung Chloride, vorzüglich Kupferchloride oder Chlorwasserstoffsäure erfordern. Wollte man, um diesen Zweck zu erreichen, das Todtrösten nicht so weit vorschreiten lassen, daß alle schwefelsauren Salze vollständig zerstört, oder wenigstens in basische, in Wasser unlösliche Salze verwandelt würden, da ja hauptsächlich aus den schwefelsauren Metalloxyden die Chlorüre und daraus wieder in Berührung mit der Luft die Chloride gebildet werden, so würde man zwar arme Rückstände, aber ein mit Blei, Zink, Nickel und vielen basischen Salzen verunreinigtes Cementsilber erhalten, das Laugen dadurch sehr erschweren und vertheuern und zu bedeutenden Kupferverlusten in Folge der (sogleich an der carmoisinrothen Färbung der Flamme, so wie an dem sehr auffallenden und sich über und über sogleich entwickelnden Chlordämpfen erkennbaren) Verflüchtigung von Kupferchlorid während des Garröstens Veranlassung geben. Deshalb sieht man sich in genanntem Falle genöthigt, das Todtrösten noch weiter als bei einem reinen Kupfersteine erfolgen zu lassen, dafür aber auch das Garrösten bei einem viel stärkeren und länger anhaltenden Feuer und, in Berücksichtigung der Verflüchtigung von Kochsalz, auch mit mehr Kochsalz (3 %), also die Zersetzung des Kochsalzes zum größten Theile durch eine sehr hohe Temperatur zu bewirken. Denn nur bei einer sehr hohen Rösthitze vermag das etwa aus dem Silbervitriol schon entstandene metallische Silber das Kochsalz zu zersetzen und sich in Chlorsilber umzuwandeln.

Zweites Capitel.

Laugen.

A. Einrichtung und Aufstellung sämmtlicher Apparate.

Kein hüttenmännischer Proceß verlangt eine so große Sorgfalt und Vorsicht sowohl in der Herstellung als auch Aufstellung der Apparate, als gerade der Extractionsproceß, wo man es mit silber- und kupferreicher Lauge zu thun hat, wo eine Unterbrechung sehr nachtheilig wirkt und einige verloren gegangene Tropfen schon einen merklichen Verlust verursachen können. Daher ist es Hauptregel, alle Zwischenapparate so viel als möglich zu vermeiden und alle Gefäße so zu stellen und mit solchen Vorsichtsmaßregeln, z. B. mit hölzernen, gerieften, über die darunter befindlichen Gerinne oder Gefäße etwas übergreifenden Böden zu versehen, daß bei einem Ueberlaufen oder Undichtwerden eines oder des andern Gefäßes die Flüssigkeit jedesmal von dem darunter befindlichen Gefäße oder Gerinne aufgefangen wird. Außerdem ist aber auch der ganze Fußboden mit Asphalt zu belegen, worin kleine Vertiefungen zur Ansammlung der Lauge anzubringen sind.

Die Anordnung in der Aufstellung der Gefäße ist, wie die Natur des Processes es vorschreibt, terrassenförmig, so daß die Lauge von einem Gefäße in ein anderes darunter befindliches fällt, bis sie sich in dem im untersten Raume der Lauganstalt vorhandenen Bassin, dem Pumpenbassin, vereinigt, um zur wiederholten Benutzung in das oberste Laugbassin gehoben zu werden. Daß man daher die ganze Anlage möglichst gern an einem Bergabhange anzubringen sucht, ist ersichtlich.

Laugreservoir.

Das **Laugreservoir**, als das den höchsten Punkt des gesammten Laugapparates einnehmende Behältniß, ist entweder aus Holz oder aus Kupferblechen oder aus Blei hergestellt und durch einen oder zwei Scheider, die eine durch einen Pfropf verschließbare

Oeffnung in der Mitte enthalten, also eine Communication der Lauge zulassen, in zwei oder drei Abtheilungen getheilt, damit, wenn ein Theil des Bassins gereinigt oder reparirt werden muß, das Laugen nicht unterbrochen zu werden braucht. Deshalb sind auch in jeder Abtheilung nahe am Boden Hähne angebracht.

Das Holz dazu, sowie zu allen anderen Gefäßen besteht meistens aus 2″ bis 3″ starken kiefernen, gutgedarrten Pfosten, muß vollkommen dicht, splintfrei, mit reiner Kochsalzlauge vor der Verarbeitung präparirt sein und aufs Sorgfältigste zusammengefügt werden. Ein aus Kupferblech construirtes Reservoir pflegt man zum Schutze gegen die das Kupfer nach und nach angreifende Lauge im Innern mit stark eingedicktem Firniß oder flüssigem Asphalt (Goudron) zu überziehen. Ein aus Blei hergestelltes Behältniß muß ebenfalls mit Asphaltmasse im Innern überzogen werden, da das der Lauge ausgesetzte Blei leicht in Chlorblei verwandelt und als solches von derselben aufgelöst wird.

Die Dimensionen dieses Laugreservoirs bestimmt nur die Möglichkeit in der praktischen Ausführung, da es zur Ansammlung der Lauge dient, das Niveau derselben aber nicht constant bleibt und folglich mit der Größe auch seine Zweckmäßigkeit wächst. Ein Cubikinhalt von 500 Cubikfuß ist aber bei 10 Laugfässern vollkommen ausreichend.

b) Sättigungsbassin.

Aus diesem Hauptreservoir wird nach Bedürfniß das unmittelbar darunter befindliche, nur 200 bis 300 Cubikfuß enthaltende, im Uebrigen aber wie das Hauptreservoir, auch mit denselben Vorsichtsmaßregeln eingerichtete Bassin zur Sättigung und Erwärmung der Lauge gespeist. Die Erwärmung erfolgt entweder durch Wasserdampf, der im Schlangenrohr durch das Bassin geführt wird, oder wenn es aus Kupferblech construirt ist, mittelst Rost- und Circulationsfeuer. In letzterem Falle muß aber die Pfanne unmittelbar über dem Roste, wo die stärkste Hitze entwickelt wird, auf einer dünnen Thonplatte oder einer mit Lehm gut überzogenen Eisenplatte ruhen, außerdem aber auch öfters mit stark eingedicktem Firniß zur

vollkommenen und leichten Ablösung des sich bildenden Pfannensteins sowie zur Erhaltung derselben überstrichen werden. In dieser Pfanne ist stets auf einen Ueberschuß von Kochsalz zu halten, welches aber nicht unmittelbar auf den Boden derselben geschüttet werden darf, sondern der vollkommneren und schnelleren Sättigung wegen auf eine durch einen Reifen in 3 Zoll Entfernung vom Boden ausgespannte Leinwand oder auf irgend eine andere vom Boden etwas abstehende, und so von unten ebenfalls mit der Lauge in Berührung kommende Filtrirvorrichtung. Durch die am Boden jeder Abtheilung besonders angebrachten hölzernen Hähne leitet man die Lauge von da in ein über den Laugbottichen liegendes Gerinne (oder eine Röhre) und vertheilt sie ebenfalls mittelst Hähne in jedes einzelne Laugfaß.

c) Laugfässer.

Die Laugfässer (Auslaugbottiche), in denen die Auflösung des im Steine enthaltenen Chlorsilbers stattfindet, haben die Form eines umgekehrten, abgestumpften Kegels, dessen unterer Durchmesser nicht viel kleiner als der obere ist. Diese Bottiche haben das Meiste auszuhalten und sind daher am sorgfältigsten zu construiren, weshalb man auch wohl ihren Boden eindreht und darunter zur Schonung der Zargen noch einen zweiten blinden Boden anbringt. Ihre Dimensionen richten sich nach der Möglichkeit ihres vollkommen dichten Herstellens und bequemen Transportirens; die Centnerzahl des Einsatzes dagegen könnte bis 30 und darüber steigen. Für die in der Zeichnung angegebene Gesammteinrichtung sind die daselbst befindlichen Maße der Laugbottiche ausreichend, ebenso ihre Anzahl (12), wovon aber für gewöhnlich nur 10 im Gange sind und die übrigen nur zur Reserve, sei es nun zum Ausbessern oder zum Entleeren oder zum Füllen, dienen. Zum Transportiren stehen diese Bottiche entweder auf mit vier Rädern versehenen Hunden oder werden mittelst eines Krahnes auf einen Eisenbahnhund zum weiteren Transport gebracht.

d) Filtrirvorrichtung.

Die Filtrirvorrichtung, die in diesen Bottichen angebracht ist, und in sämmtlichen Fällgefäßen dieselbe bleibt, besteht in einem hölzernen, unten etwas ausgeschweiften Kreuze, welches un-

mittelbar auf den Boden gelegt wird, ferner in einer hölzernen, durchlöcherten und ziemlich genau in den Bottich eingepaßten, auf dem Kreuze aufsitzenden Scheibe, endlich in einem mit Leinwand überzogenen, runden Korbgeflecht und einem ringsdarum gelegten, einen vollkommenen Abschluß bewirkenden Wergzopfe, oder auch in auf der hölzernen Scheibe gleichförmig ausgebreitetem Birkenreisig oder Stroh rc. und in einem mittelst eines scharf anschließenden und noch mit Werg verstopften Birkenreifens angespannten Leinwandboden. — Der zwischen den beiden Böden seitwärts eingetriebene hölzerne Hahn ist in den eigentlichen Boden des Bottichs um seine Wandstärke eingelassen, so daß die durchfiltrirte Flüssigkeit vollkommen aus dem Bottiche in ein vor sämmtliche 12 Bottiche gelegtes, aus einem ganzen Stamme gehauenes Gerinne abfließen kann, um von hier durch eine daran stoßende Röhre oder unmittelbar in einen Klärkasten und von da auf die Fällgefäße geleitet zu werden. Vortheilhafter erscheint es aber, die zuerst abfließende reichste Lauge von der armen zu trennen; alsdann wendet man zwei verschieden lange Hähne an oder es ist der Hahn in seiner Längenaxe ganz durchbohrt und reicht mit seinem etwas gekrümmten Ende in ein zweites dicht an das erste anliegendes Silbergerinne, während das Spundloch mitten über dem ersten Gerinne steht; den gerade durchbohrten Spund selbst wechselt man aber nach Bedürfniß mit einem ebenfalls genau ins Spundloch passenden unter einem rechten Winkel durchbohrten aus. Denn nur dadurch kann ein Verspritzen der Lauge in Folge des bei Anwendung von Gerinnchen rc. entstehenden hohen Falls vermieden werden.

Zur Abklärvorrichtung dient entweder ein in zwei Abtheilungen getheilter Kasten, und die Lauge tritt dann durch einen unten in der die Abtheilung bildenden Scheidewand angebrachten Schlitz in die andere Abtheilung, oder man wendet einen Bottich an, in dessen Mitte eine unten zum Theil ausgehöhlte, durch die Filtrirvorrichtung durchgesteckte Röhre steht, so daß die Lauge nach ihrem Durchgange durch die Röhre noch von unten durch das Filter dringen, oben abfließen und sich dabei vollkommen abklären muß.

e) Abklärgefäß.

Außerdem dienen diese Abklärgefäße zur Regulirung der Lauge, welche beim Anlassen des Gefäßes schneller durch den noch heißen Stein filtrirt, als später, wenn dieser kalt geworden ist.

f) Silber- und Kupferfällgefäße. Die Silber- und Kupferfällgefäße unterscheiden sich im Allgemeinen von den Laugbottichen nur durch eine geringere Höhe und dadurch, daß eine Schicht von Cementkupfer oder Eisen auf dem Filter liegt. Ihre Anzahl richtet sich nach der Metalloberfläche und der Stärke der Metallschicht, die der silber- oder kupferreichen Lauge dargeboten wird und 4 in jeder obersten so wie 3 in der nächst unteren Reihe sind bei den Dimensionen, wie sie die Zeichnung angiebt, sowohl für die Silber- als auch Kupfergefälle bei einer 6 Zoll hohen Schicht fest eingedrückten, vollkommen rein vom Schlamm gewaschenen Cementkupfers und bei einer 8 Zoll hohen Eisenlage der Kupferfällgefäße hinreichend. Den Schluß bildet ein längs der letzten drei Kupferfällgefäße aufgestellter, mit Eisenstücken ebenfalls angefüllter und im oberen Theile mit einem Hahne versehener Kasten, von welchem die Lauge in die Pumpenbassins geleitet wird.

g) Pumpenbassin. Die Pumpenbassins bestehen entweder aus mit Asphalt überzogenen Ziegelcisternen oder, da der Asphalt leicht sich von den Wandungen ablöst und dann Lauge fallen läßt, aus hölzernen Kästen, die in dergleichen Cisternen eingesetzt sind und hinter welche man eine unter Erwärmung gut umgerührte Masse von Theer, Ziegelmehl und gebranntem Kalke oder Gypse gegossen hat, so daß ein Durchgehen der Lauge auch bei einem weniger gut gearbeiteten Kasten nicht mehr möglich ist.

h) Laugenhebungsmaschine. Was nun die Laugenhebungsmaschinen anbelangt, so sind einfache Druckpumpen mit hölzernem oder kupfernem Kolbenrohr und Brahmakolben den Saugpumpen, bei welchen durch Leder oder Gutta-Percha die Abliederung erfolgt, daher dieselbe in der Lauge leicht undicht wird, vorzuziehen, zumal wenn sie durch Maschinenkraft in Bewegung gesetzt werden. Wendet man aber wegen der geringeren Anlagskosten und Umtriebskraft Saugpumpen an, so müssen

sie mit einem Schwengel nebst einem 60 bis 80 Pfund schweren Schwungklotze versehen, das Kolbenrohr aus Kupfer oder aus neun Theilen Kupfer und einem Theil Zinn hergestellt und der Kolben selbst, wie bei sauren fressenden Wassern, nach schwedischer Art mit einem langen Kolbenkörper construirt sein.

Zur ausübenden Kraft ist Dampfkraft für alle Fälle am zweckmäßigsten, nicht nur weil man dann an Umstände weniger gebunden, sondern auch zugleich im Stande ist, die Lauge zu erwärmen, kochendes Wasser zum Aussüßen jederzeit über die Laugfässer steigen, den ganzen Extractionsraum hinreichend erwärmen zu lassen und durch Condensation des Dampfes Lauge zu heben.

i) Entsalzungsapparat.

Außer diesen Apparaten ist noch des Entsalzungsapparates Erwähnung zu thun, der in drei 10 Cubikfuß enthaltenden, etwas über dem Niveau der Laugbottichöffnungen angebrachten und zu erwärmenden Bleibassins, aus zwei Bottichen mit Handpumpen, die in die ersteren Bleibassins ausgießen, sowie aus einem nach dem Pumpenbassin oder vorher nach einem mit Eisen gefüllten Fasse hinführenden Gerinne besteht.

k) Ausstürzvorrichtung und Ausstürzbühne.

Ferner findet man noch in der Zeichnung eine in der Praxis aber seltner ausgeführt gefundene Ausstürzvorrichtung, weshalb auch die Laugfässer in einem eisernen mit zwei wenig über dem Schwerpunkte angebrachten Axen versehenen Zaum stehen; so wie die Ausstürzbühne, die eine Neigung von 6° hat und mit einem Gerinne zum Auffangen des zum Aussüßen wieder zu benutzenden Wassers versehen ist.

l) Erwärmungsofen.

Der Laugraum ist endlich noch durch einen Lufterwärmungsapparat immer auf einer Temperatur von 20° R. zu erhalten, um die Ausscheidung des Glaubersalzes und der basischen Salze zu vermeiden. Vortheilhaft geschieht aber die Erwärmung sogleich mit durch die Kesselheizung.

m) Krystallisationskeller.

Unterhalb des Laugraums findet man noch die Gefäße zum Auskrystallisiren des Glaubersalzes nebst Bassins, aus welchen die

vom Glaubersalze gereinigte Lauge wieder in das Laugreservoir zurückgebracht wird.

B. Manipulation.

a) Füllen. Das bis zu 200° — 250° C. abgekühlte, gutgeröstete Mehl bringt man, um jedes Verstäuben zu vermeiden, behutsam unmittelbar auf das vorher mit Kochsalzlauge stark befeuchtete Leinwandfilter des Laugbottichs und füllt den letzteren nur so weit an, daß ein nicht kleiner, wenigstens 18 Zoll hoher Raum frei bleibt und der Bottich höchstens 2 Röstposten = gegen 8 Ctr. enthält. Unmittelbar auf das Mehl legt man zur gleichförmigen Vertheilung der nachher darauf zu schlagenden Lauge einen durchlöcherten Deckel, bei unreinem Steine aber auch zur vollkommenen Sättigung der Lauge eine Kochsalzschicht, oder vertheilt das Kochsalz (1 bis 3%) unter den Stein, stößt dann vom Einsatzraume den Hund mit dem gefüllten Fasse auf der Eisenbahn hin in den Laugungsraum und daselbst mittelst des unter dem Bottiche befindlichen, vierrädrigen eisernen

b) Laugen. Hundes unter das Laugvertheilungsgerinne, so daß die nun vorsichtig auf das heiße Mehl geschlagene Salzlauge, welche durch das im Sättigungsbassin stets im Ueberschuß gehaltene Kochsalz vollkommen gesättigt worden ist, die Mitte des Deckels trifft. Mit Heftigkeit wird die Lauge sogleich vom Mehle angezogen, und bald treten durch den bisher offen gelassenen Hahn heiße Wasserdämpfe heraus; vermindern sich aber die letzteren, so dreht man den Hahn ¼ — ½ Stunde lang zu, damit sich das Chlorsilber in der durch den Stein sehr heiß gewordenen Salzlauge gleichförmig auflösen kann, der leere Raum aber zwischen dem Boden und dem Filter mit Silberlauge ausgefüllt wird und dieselbe nach dem Oeffnen des Hahnes aus dem ½ Zoll weiten Spundloche voll ausfließt. Wollte man den Hahn von allem Anfange an, bis das Letztere erlangt würde, immer geschlossen halten, so würden die Wasserdämpfe nach oben treten,

und das schnelle Durchdringen des Mehles mit Lauge etwas verhindern, dagegen kann man aber alsdann von einer gleichmäßigen Auslaugung des Steins überzeugt sein. Wollte man dagegen den Hahn immer offen halten, so würde die Silberlauge durch die mitaustretenden Wasserdämpfe in einzelnen Tropfen fortgeschleudert werden, ungerechnet, daß dadurch die Ausscheidung von basischen, das Filter verschlemmenden Salzen befördert und die Entsilberung an nicht allen Punkten gleich hervorgebracht zu werden scheint. Zur vollkommneren Filtration (vorzüglich in den Fällgefäßen) wendet man Salzsäure an, die man in die über dem heißen Steine stehende Lauge vor dem gänzlichen Durchziehen der ganzen Masse gießt, jedoch vermeidet man sie, sobald man eine Laugpfanne von Metall besitzt, und deshalb ist lieber die metallne Pfanne gar nicht anzuwenden. Die anfangs meistens mit kaum wahrnehmbarer hellgrüner Farbe, alsdann ganz klar und wasserhell abfließende Lauge wird in dem Maße, als sie durchfiltrirt und durch den Hahn in das zu den reichsten Fällgefäßen führende Gerinne läuft, von oben durch neuen Zufluß ersetzt, so daß stets ein Laugenstand, welcher die gleichmäßige Auslaugung wesentlich begünstigt, über dem Mehle steht. Erfolgt die Filtration zu schwach, so deutet dies auf ein unvollkommnes Rösten. Legt sich aber ein weißes, an der Luft nach und nach grün werdendes Salz an der innern Mündung der Hähne an, so deutet dies ebenfalls auf ein nicht hinlängliches Todtrösten. Belegt sich ein wenigstens 10 Minuten unter den Laugstrahl gehaltenes, mit verdünnter Salzsäure vorher reingewaschenes Kupferblech nicht mehr mit einer weißlichgrauen, wenn auch höchst dünnen Schicht, so ist die Auslaugung beendet, was gewöhnlich in 12 bis 16 Stunden erfolgt und wozu in der Regel 220 bis 260 Cubikfuß Lauge erforderlich sind. Alsdann schließt man den Laugezufluß von oben vollkommen ab, läßt die noch darin befindliche Lauge rein ablaufen, stößt den Hund zu dem Entsalzungsapparate und läßt im Anfange der Extraction aus dem ersten Bassin desselben 8 Cubikfuß heißes Wasser auf den zu entsalzenden Rückstand laufen; die davon erhaltene, wenig ge-

c) Entsalzen.

sättigte, in einen Bottich abgelassene Lauge hebt man mittelst einer Pumpe zurück in dasselbe Bassin und benutzt sie zum Aussüßen des darauf folgenden Laugbottichs, bis sie soweit gesättigt ist, daß sie zur Hauptlauge geleitet werden kann. Später aber bei einem einmal eingeleiteten Betriebe süßt man die Rückstände zuerst mit 8 Cubikfuß halbgesättigter, im ersten Bassin aufbewahrter Lauge aus, und die dabei erhaltene Lauge geht nach ihrer Reinigung zur Entsilberungslauge; alsdann setzt man das Aussüßen mit 8 Cubikfuß sehr schwacher, im zweiten Bassin befindlicher Lauge fort, und die dabei gewonnene Lauge pumpt man ins erste Bassin zum erstmaligen Aussüßen; endlich aber entzieht man noch durch gleiche Mengen reinen Wassers aus dem dritten Bassin dem Rückstande die letzten Antheile von Kochsalz und die dabei fallende höchst schwache Lauge bringt man ins zweite Bassin zum zweiten Aussüßen.

d) Präcipitation der Metalle. — Silberpräcipitation.

Das Niederschlagen des Silbers aus der concentrirten, bei einem guten Gange wasserhellen Salzlauge erfolgt am vortheilhaftesten durch frisches, stets unter Wasser aufbewahrtes, vollkommen von Eisenoxyd und Schlamm befreites Cementkupfer, welches in die Fällgefäße der ersten und zweiten Reihe unmittelbar auf das Filter bis auf eine Stärke von 8 bis 16 Zoll, je nach der Höhe der Präcipitationsgefäße, gebracht und mit der Hand lagenweise fest zusammengedrückt wird, ja sogar, wenn es nur ganz frei von allem Schlamm ist, zusammengestampft werden kann, ohne daß der Filtration Abbruch gethan wird. Für den ersten Anfang bereitet man sich dieses Cementkupfer am leichtesten dadurch, daß man reinen Kupfervitriol in einem Kessel auflöst, die Lösung ins Kochen bringt, einen mit Kupfervitriol gefüllten Leinwandsack hineinhängt und dann schmiedeeiserne Stäbe hineinstellt; von Zeit zu Zeit zieht man die Eisenstäbe heraus, streift das daran hängende feinzertheilte Cementkupfer in einen Bottich, der verdünnte Schwefelsäure enthält, und wäscht alsdann mit Wasser gut aus, oder man drückt das mit verdünnter Schwefelsäure behandelte Cementkupfer fest zusammen zu Ballen und stampft diese in

einen kleinen Bottich mit Filtrirvorrichtung, während man die hierbei zum Vorschein kommende Eisenvitriollauge oben abschöpft und abgießt; alsdann schlägt man Wasser zum Aussüßen und zum Schutze vor der Oxydation darauf. Jedoch kann man sich auch feiner, mit Salzsäure vorher stark befeuchteter Kupfergranalien oder Kupferblechabschnitzeln bedienen, wiewohl dadurch die Vollkommenheit der Präcipitation, die man durch Cementkupfer erlangt, nicht erreicht wird, und da das Cementkupfer bei einem currenten Gange bei der Extraction im Uebermaße fällt, so ist seine Verwendung mit gar keinem Aufwande als dem des weiter unten zu erwähnenden Auswaschens verknüpft. Aber trotz der sorgfältigsten Reinigung bleiben doch immer am Cementkupfer Eisentheilchen hängen, und deshalb bringt man dasselbe gern zuerst in die Gefäße der zweiten Reihe und von da nach Bedürfniß erst in die obere Reihe, damit das in der von den oberen Bottichen abfließenden Lauge enthaltene Chlorkupfer das Eisen auflöst und Cementkupfer gebildet, also ganz eisenfreies Cementkupfer zum Niederschlagen des Silbers gewonnen wird.

Ehe man die Lauge in das obere Präcipitationsgefäß schlägt, wobei man das Cementkupfer durch einen unter den Laugstrahl gelegten fein durchlöcherten Deckel vor dem Ausgraben schützen muß, bringt man kurz vorher so viel reines Wasser darauf, daß es einen Zoll über dem Cementkupfer steht, und gießt dann gleichmäßig con centrirte Schwefelsäure hinein, so daß nicht nur das Cementkupfer erwärmt und gereinigt, sondern auch der zum Niederschlage des Silbers unbedingt nöthige galvanische Proceß für den ersten Anfang eingeleitet wird. In derselben Absicht läßt man das so gebildete schwefelsaure Wasser in das darunter stehende, ebenfalls mit Cementkupfer versehene Gefäß ab und hierin so lange stehen, bis das obere Gefäß voll Silberlauge gelaufen ist. Dieses alsdann in einen besonderen Bottich abzulassende schwefelsaure Wasser benutzt man zuletzt noch zum Reinigen des zum Fällen des Kupfers bestimmten Eisens vom Roste.

Das Silber, welches sich nun aus der Lauge auf dem Cementkupfer in filzartig in einander gewachsenen Dendriten niederschlägt, und mit der Länge der Zeit eine moosartige Beschaffenheit und Consistenz bekommt, läßt man zu einer Scheibe von 1/4 Zoll Stärke anwachsen, worauf man die Lauge aus dem Bottich entfernt, das Ganze mit frischer Kochsalzlauge und dann mit Wasser gut aussüßt und einige Stunden mit sehr verdünnter Salzsäure, die wenigstens 1 Zoll hoch das Silber überspülen muß, bis zum Abheben des Silbers stehen läßt. Dieses Abheben, welches in einzelnen Schichten oder Schalen geschieht, wird dadurch sehr erleichtert, daß zwischen dem Kupfer und dem Silber eine schlüpfrige Schicht von höchst feinem Kupfer sich findet, welches in Folge der Auflösung des Kupfers auf der mit der Silberlauge zuerst in Berührung kommenden Oberfläche entsteht; kommt man aber etwas zu tief, so giebt das Gefühl ebenfalls sofort den Unterschied zwischen dem Silber und dem Kupfer an die Hand, indem das Kupfer sich viel rauher anfühlen läßt, als das locker und wollig anfühlbare Silber. Ist die Silberschicht aber schwächer als 1/4 Zoll, so nimmt man nur den obersten Theil weg, läßt sonach Silber beim Kupfer, um dasselbe nicht zu sehr durch Kupfer zu verunreinigen, schiebt aber die sehr silberreiche Kupferschicht mit der Hand zusammen, bis das Cementkupfer frei von Silber zum Vorschein kommt, gießt sehr verdünnte Salzsäure darauf und schlägt nach Abzapfung derselben wiederum Silberlauge ins Gefäß. Nach einiger Zeit hat sich das Kupfer zwischen dem Silber aufgelöst und das Silber kann mit dem auf dem Cementkupfer befindlichen abgenommen werden. Je dicker die Silberschicht wird, desto langsamer erfolgt gewöhnlich die Filtration, obwohl das Cementsilber fast dasselbe Volumen als das an seiner Stelle aufgelöste Cementkupfer einnimmt, allerdings aber schlammiger und feiner als das Cementkupfer ist. Jedoch können auch gelbliche Schlämme, welche sich auf dem Filter oder auf der Oberfläche abgesetzt haben, das schwache Filtriren verursachen, und dann ist man genöthigt, Salzsäure, wie schon oben erwähnt,

mit etwas Salz beim Einsetzen in die Laugfässer zu bringen, oder sie im heißen, etwas verdünnten Zustande, um die schon vorhandenen, unmittelbar auf dem Filter liegenden Schlämme aufzulösen, in die Silberlauge oder unmittelbar aufs Cementkupfer zu gießen und längere Zeit damit ruhig stehen zu lassen, oder Salz auf einen in der Mitte des Bottichs angebrachten Leinwandboden zu bringen, um die Lauge mit Salz noch mehr anzureichern und die Schlämme in der ganz concentrirten Salzlauge aufzulösen. Daher kommt es auch, daß die Lauge bei Zusatz von Salzsäure (oder Salz) ganz durchsichtig wird und man ganz deutlich das Silber auf dem Boden sehen kann. Die Entstehung dieser Schlämme läßt sich sogleich an dem weißen oder gelblichweißen Schaume, der durch das Niederfallen der Lauge in die Lauge der zunächst darunter stehenden Bottiche hervorgebracht wird, und sofort wieder aus dem Silberbottiche durch Zusatz von Salzsäure entfernt werden muß, erkennen; die Schlämme selbst bestehen aus basischen, bei Berührung mit der Luft und Erkältung der Lauge (weshalb der ganze Raum auch erwärmt werden muß und der Stein nicht zu heiß eingesetzt werden darf) aus der Lauge sich abscheidenden Salzen, wie wir weiter unten in der theoretischen Betrachtung dieses Processes noch sehen werden, und die Schuld ihres Ueberganges in die Lauge trägt, wenn ihr Vorhandensein nicht von einem zu langen Gebrauche der Lauge herrührt, vorzüglich ein unvollkommnes Todtrösten, also eine unvollkommne Zersetzung der schwefelsauren Salze und Bildung von zu vielen Chlorsalzen. Entfernt man diese Salze durch erwähnten Zusatz und durch ein vollkommneres Rösten, vorzüglich durch ein stärkeres Todtrösten nicht sofort, so kann das Silber nicht nur sehr unrein und schlammig werden, sondern sich auch eine Decke von einem weißlichen, an der Luft aber sofort grün werdenden, tafelartig krystallisirenden Salze (Chlorkupfer) über dem Silber ablagern, mit dem Cementkupfer selbst sich fest verkitten, das Niederschlagen des Silbers verhindern und Löcher im Cementkupfer verursachen, durch welche dann die Lauge unzersetzt fortgeht. Diesen letzteren Unfall

bemerkt man sofort an der von Kupferchlorid herrührenden gelblich grünen dunklen Färbung der vom Silberfällgefäße ablaufenden Lauge, die bei einem guten Gange, d. h. bei einer vollkommenen Zersetzung der Silberlauge und Verwandlung des Kupferchlorids in Berührung mit dem Cementkupfer in Kupferchlorür ganz weiß und wasserhell abläuft; ein darunter gehaltenes blankes Kupferblech vergewissert den Lauger noch darin, nur darf er sich nicht täuschen lassen von dem ebenfalls sich weiß ans kalte Kupferblech anlegenden Chlorkupfer, welches sich auch in den Gerinnen der sehr heißen, nach und nach aber erkaltenden und dünnen Lauge und bei Vermischung mit Wasser aus der Lauge ebenfalls als Chlorkupfer ausfällt; aus demselben Grunde muß man auch vor dem Aussüßen der Rückstände oder der Fällbottiche mit Wasser die Lauge jedesmal erst vollkommen entfernen.

Die durch das Niederschlagen des Kupfers in die Lauge übergehenden Eisensalze, welche wie die Kupfersalze, das Niederschlagen des Silbers durch Bildung von oben erwähnten Löchern im Cementkupfer verhindern oder wenigstens das niedergeschlagene Silber als basische Salze verunreinigen, die Filtration erschweren und die Niederschlagungsmittel unnöthiger Weise aufzehren, durch einen Zusatz von aufgelöster Soda bis zur Neutralisation der Lauge und durch längere Einwirkung der Luft auf dieselben zu beseitigen, ist bei einer gutgeführten Röstung vorzüglich nach einem richtigen Todtrösten unnöthig, da die Eisensalze sich dann auf den Rückständen als basische Salze ablagern, und die Kupfersalze bei einer hinreichenden Menge Kupferfällgefäße durch das Eisen vollkommen zersetzt werden. Interessant aber ist es, daß, wenn man in den Abklärbottich eine Auflösung von kohlensaurem Natron so lange tropfen läßt, bis die Lauge anfangen will, alkalisch zu reagiren, man auch das Blei aus der silberhaltenden Lauge entfernen kann; Soda in die Sättigungspfanne zu bringen, ist jedoch zu unterlassen, da sie der Entsilberung des Kupfersteins Eintrag thut.

In den, ebenfalls mit Cementkupfer versehenen Silberfällge-

fäßen der zweiten Etage findet man bei Anwendung von großen Fällgefäßen in der ersten Etage selten Cementsilber, und dies kann auch nur die Folge von oben auseinandergesetzten Unregelmäßigkeiten oder von einer Nichtbeachtung eines constanten Laugenstandes über dem Cementkupfer sein. Bei Benutzung kleiner transportabler, aber dafür in größerer Anzahl angewendeter Silberfällgefäße zeigt sich daher öfter, ja gewöhnlich, noch Silber in der zweiten Etage; man ist daher der Vorsicht halber genöthigt, noch eine dritte Etage von mit Cementkupfer gefüllten Gefäßen anzubringen und das Silber in der zweiten Etage ebenfalls bis zu einer Stärke von 1/8 bis 1/4 Zoll zum Abheben anwachsen zu lassen. Ein Aussüßen dieser Reihe Gefäße erfolgt vor dem Abheben nicht, sondern man bringt das Gefäß nach dem Entfernen des Silbers sogleich in die erste Etage zum Niederschlagen des Silbers und läßt es hier stehen, bis die Cementkupferschicht bis auf 2 Zoll verzehrt ist. Stehen dem Lauger keine Gefäße von der zweiten Reihe zu Gebote, so bringt er in das Gefäß der ersten Reihe zu unterst auf das Filter frisches Cementkupfer, breitet das vorher aus demselben Gefäße herausgenommene, mit Silber sehr angereicherte, auch gewöhnlich etwas schlammige Cementkupfer darüber aus und schlägt die reiche Silberlauge darauf. Die Gefäße der zweiten Reihe werden eben so durch die der dritten ergänzt. Bei nicht transportablen größeren Fällgefäßen aber schafft man das Cementkupfer aus der zweiten Etage in die erste, thut aber wohl, da die Cementkupferschicht in den Gefäßen der ersten Reihe alsdann bei guter Röstung und reicher, keinen Schlamm absetzender Lauge bis auf 15 Zoll erhöht werden kann, das Cementkupfer durch den Setzproceß mittelst eines sehr feinen Siebes von allem Schlamme vorher zu befreien. Diesen Schlamm extrahirt man nach einem dreistündigen Gutrösten mit 3% Salz, oder wenn er nur sehr wenig Silber enthält, setzt man ihn zum Kupferraffiniren in Partieen zu. Die Leinwand des Filters reinigt man entweder durch Salzsäure oder durch starkes Bürsten mit Wasser.

Das niedergeschlagene Silber wird unter Wasser in einem

mit einem Filter vorgerichteten Gefäße zerrieben, mit Wasser längere Zeit ausgesüßt, später mit Salzsäure haltigem Wasser behandelt, zu Batzen geformt und getrocknet; die davon abfließende Lauge läßt man aber über Cementkupfer und Eisen gehen.

In der Praxis gebraucht man durchschnittlich zur Niederschlagung eines Pfundes Silber auch ein Pfund Cementkupfer, während die stöchiometrische Berechnung eine viel geringere Menge angiebt; jedoch findet man immer in der Lauge etwas freie Säure, auch läßt die nicht vollständige Reinheit der zu extrahirenden Producte und des Cementkupfers kein anderes Resultat erwarten.

Eisen oder Zink, also Metalle mit größerer elektrochemischer Fähigkeit, anstatt des Kupfers anzuwenden, ist von keinem Vortheil, weil man nicht nur unreineres, also einem Feinbrennen zu unterwerfendes Silber bekommt, sondern auch diese Metalle ohne weitere Kosten nicht in so feinvertheiltem Zustande wie das Cementkupfer erhalten kann; außerdem macht Zink selbst nach dem Feinbrennen das Silber, sobald man seine Raffination ohne einen Kupferzusatz vornimmt, sehr spröde. Das verhältnißmäßig reinste Silber erhält man noch dadurch, daß man die Eisenstäbe sich erst mit einer aus einer Kupfervitriollösung gefüllten dünnen Cementkupferschicht überziehen läßt und dann zur Fällung des Chlorsilbers anwendet; dadurch erzeugt man einen galvanischen Proceß von derselben Stärke, als wenn man die Silberlösung durch Eisen direct zersetzt.

Präcipitation des Kupfers.

Das Niederschlagen des Kupfers, welches aus dem Kupfersteine zugleich mit dem Silber sich auflöst und des Kupfers, welches durch das Fällen des Silbers in die Lauge übergeführt wird, erfolgt durch altes, rostfreies, oder durch verdünnte Schwefelsäure und starkes Abbürsten rostfrei gemachtes Eisen von beliebiger Form. Am vorzüglichsten eignen sich allerdings $1/4$ bis $1/2$ Zoll starke Stäbchen von circa 1 Fuß Länge und von Schmiedeeisen, die man in dem ebenso wie die Silberfällgefäße mit einem Filter versehenen Kupferfällbottiche im Kreise herum, eines über das andere, nach

oben aber immer dichter zusammen bis zu einer Höhe von $^3/_4$ Elle aufbaut; die oberste Schicht läßt man aus ganz eng zusammengelegten Stöckchen bestehen. Drei unter einander folgende Reihen solcher Gefäße sind hier um so nothwendiger, da man sich nur durch ein öfteres (alle 2—3 Tage erfolgendes) Ausräumen der Bottiche vor dem Festwerden des Cementkupfers, das man nur in lockerem, wolligem und weichem Zustande zum Fällen des Silbers anwendet, so wie durch eine große Anzahl der Bottiche vor dem unvollständigen Ausfällen des Kupfers schützen kann. Das zum Niederschlagen des Silbers bestimmte Cementkupfer wird nach dem Aussüßen mit Wasser mit der Hand zerdrückt, um die darin befindlichen Eisentheilchen zu entfernen, dann durch den Setzproceß mittelst eines sehr dichten Haarsiebes von allem Schlamme, der zum Kupferraffiniren verwendet wird, gereinigt und dann zum Silberfällen unter Wasser aufbewahrt; das Reinigungswasser läßt man mit durchs letzte Kupfergefälle gehen. Uebrigens giebt das Cementkupfer einen Maßstab für den Erfolg des Laugprocesses ab; denn je weniger man erhält und je silberärmer es ist, desto richtiger wird die Arbeit geleitet. Sein Silbergehalt darf in der ersten Reihe nicht gern über $1^1/_2$ Loth, in der mittleren und letzten Reihe jedoch nur 1 Loth betragen.

Bleipräcipitation.

Blei wird nur nach erfolgter vollkommener Ausfällung des Kupfers, also in den letzten Fällgefäßen, vorzüglich aber leicht aus einer nicht zu concentrirten Lauge durch Eisen dendritenförmig niedergeschlagen, setzt sich jedoch auch zum Theil mit dem Silber oder als Chlorblei mit den anderen basischen Salzen ab. Ist aber das Todtrösten weit genug geführt worden, so hat man vom Blei nicht so viel Unannehmlichkeiten zu befürchten.

Goldpräcipitation.

Gold, welches man bis zur Hälfte aus dem Producte durch die Extraction gewinnen kann, fällt aus seiner Auflösung mit dem Silber durch Kupfer nieder, wie wir noch weiter unten im Anhange sehen werden.

e) Ausschlagen der Rückstände.

Die **Rückstände**, welche jenach dem geringeren (4 Loth) oder

höheren (10—20 Loth) Silbergehalte des Steins $1/3$ bis höchstens 1 Loth im Centner halten, haben eine dunkelschwarze Farbe und lassen sich, wenn das Garrostmehl nicht zu heiß eingesetzt worden, so wie das Todtrösten vollständig von statten gegangen ist, meistens sehr leicht auf die schon oben erwähnte Rückstandsbühne bringen, wo die noch an ihnen adhärirende Lauge abfließt, um dann wiederum zum Aussüßen benutzt zu werden. Auf den Rückständen selbst findet man einen gelben, aus der Lauge im Kochpunkte sich absetzenden Schlamm. Das Leinwandfilter reinigt man aber vom Rückstande jedesmal vollständig, da sich sonst ein schlechtes Filtriren erwarten läßt.

f) Verfahren mit der unreinen Lauge.

Die Lauge, von deren richtigem Concentrationsgrade der Erfolg des Laugens natürlich abhängt, und welche daher stets im Sättigungsbassin mit Kochsalz in Berührung gebracht werden muß, wird natürlich bei einem Durchsetzquantum von 3000 bis 2000 Ctrn., je nach der größeren oder geringeren Vollkommenheit des Rösters, sehr reich an fremden, die Auslaugung und Fällung des Silbers sehr erschwerenden Bestandtheilen, und zeigt dann oft ein specifisches Gewicht von 1,26 anstatt des einer chemisch reinen Kochsalzlösung eigenen specifischen Gewichts von 1,207. Man sieht sich daher genöthigt, sie einer Reinigung im Winter durch Auskrystallisiren des

Glaubersalzgewinnung.

Glaubersalzes zu unterwerfen, und läßt zu diesem Behufe die noch warme Lauge einen Tag in einem der im Laugraum befindlichen Pumpenbassins zum Abklären, d. h. zum Absetzen der basischen Salze, ruhig stehen und bringt sie von da durch Gerinne und Lutten in die im Keller kühl stehenden Krystallisationsfässer. Hier bleibt die Lauge so lange stehen, bis sich keine Krystalle mehr an Rechen und Wandungen, oder auch an den fein hin und her am Rechen gezogenen, das Auskrystallisiren sehr begünstigenden Wergfaden absetzen. Durch die unter den Spünden der Krystallisationsfässer angebrachten Gerinne leitet man hierauf die Lauge in ein Bassin, und hebt sie mittelst einer Pumpe in das Laugreservoir zurück. Ist die Lauge aber sehr kupferhaltig, so läßt man sie längere Zeit in Berührung mit Eisen stehen, da sie außerdem viele

Unregelmäßigkeiten beim Laugen veranlaßt, während die Eisensalze sich auf dem Rückstande absetzen. Ist sie sehr bleihaltig, so verdünnt man sie vorher etwas, da sonst das Blei schwer durch Eisen ausgefällt wird. Sollten sich jedoch nur sehr geringe Mengen Kupfer aus der kupferreichen Lauge auf diese Weise ausfällen, so macht man die Lauge mit Salzsäure sauer, wodurch der galvanische Proceß und somit ein vollkommenes Ausfällen der Metalle hervorgebracht wird.

Das so gewonnene Glaubersalz ist aber sehr eisenhaltig, weshalb man es in einem eisernen Kessel oder Pfanne mit reinem Brunnenwasser auflöst und eine Lauge von 30 Grad Stärke bildet, diese stark aufkocht und dann sehr geringe Mengen Chlorkalk zur theilweisen Oxydirung der Metallsalze hinzufügt. Hierauf schafft man sie in einen Kühlbottich, worin man sie mehrere Tage ruhig stehen und die Eisen- und Mangansalze nebst dem Gipse absetzen läßt, und von da in die Krystallisationsfässer. Die Mutterlauge hiervon dampft man bis zu $^2/_3$ ihres Volumens ein und unterwirft sie wiederum der Krystallisation; die aber hierbei fallende Mutterlauge setzt man der stärksten Winterkälte, gleichsam zum Ausfrieren des Glaubersalzes, welches hierbei sich in dünnen, spießigen Nadeln auskrystallisirt, aus, oder benutzt sie wohl auch zum Auflösen des unreinen Glaubersalzes oder zum Auslaugen, wenn sie nur noch 6% Glaubersalz außer Kochsalz enthält.

C. Theorie.

Auflösung.

Von den in dem gargerösteten Kupfersteinmehle enthaltenen Metallsalzen sind in der Kochsalzlauge folgende auflöslich:

Chlorsilber ($AgCl$), Kupferchlorid ($CuCl$), Kupferchlorür ($CuCl$), Manganchlorid ($MnCl^3$), Manganchlorür ($MnCl$), Eisenchlorid ($FeCl^3$), Eisenchlorür ($FeCl$), Antimonchlorid ($SbCl^3$), Chlorblei ($PbCl$), Chlorzink ($ZnCl$), Chlorkobalt ($CoCl$) und Chlornickel ($NiCl$), und

zwar findet man von den letztern 11 Chlorverbindungen um so größere Mengen aufgelöst, je unvollkommener das Todtrösten erfolgt und je mehr Salz zum Gutrösten verwendet worden war, aber auch je concentrirter oder je reicher an Chlorwasserstoffsäure die Lauge während des Processes durch Ausfällen der basischen Salze geworden ist. Für die Entsilberung jedoch ist vorzüglich Kupferchlorür und Kupferchlorid, welches letztere man in der Auflösung sogleich an der bräunlich gelben Farbe erkennt, von Vortheil, indem sich in Gegenwart dieser Verbindungen selbst noch im Laugfasse Chlorsilber aus dem etwa noch im Kupfersteinmehle enthaltenen Schwefelsilber oder metallischen Silber bilden kann; denn Kupferchlorid, aufgelöst in einer concentrirten Kochsalzlauge, giebt einen Theil seines Chlors an das Schwefelsilber ab und ändert es unter Abscheidung des Schwefels und der Kupferchlorürbildung in Chlorsilber um (AgS + 2CuEl = AgEl + S + EuEl). Das Kupferchlorür aber, welches in der Kochsalzlauge gelöst bleibt, wirkt seinerseits auch auf das noch vorhandene Schwefelsilber und erzeugt ebenfalls Chlorsilber unter Bildung von Unterschwefelkupfer (AgS + EuEl = AgEl + EuS), so daß 100 Theile Schwefelsilber in Berührung mit Kupferchlorid und aufgelösten Salzen nach ihrer gegenseitigen Einwirkung auf einander 146 Theile eines Gemenges von Schwefelkupfer und Chlorsilber liefern, wie Boussingault in Ann. Chim. Phys. 51, 350 hinreichend bewiesen hat, indem er in einer Flasche mit eingeriebenem Stöpsel eine starke Auflösung von Kupferchlorid und Kochsalz mit Silberfeilspänen digerirte. Dadurch entfärbte sich nämlich in weniger als 12 Stunden die Flüssigkeit unter Erzeugung von vielem Chlorsilber fast ganz, und nach 5 Tagen war kein Kupferchlorid mehr in der Flüssigkeit, welche nun mit Kaliumeisencyanür einen reichlichen weißen Niederschlag gab, mit ätzenden Alkalien versetzt Kupferoxydul ausfallen ließ und an der Luft sich schnell unter Ablagerung von basischem Kupferchlorid ($Cu\,El + 3\dot{H} + 4\acute{H}$) trübte. Um sich nun davon zu überzeugen, daß das Kupferchlorür in der Kochsalzlauge gelöst ebenfalls auf

Schwefelsilber wirkt, behandelte er Schwefelsilber mit einer Auflösung von Kupferchlorür und Kochsalz in einer gut verschließbaren Flasche und die Chlorsilberbildung war neben der Erzeugung von Halbschwefelkupfer (Ću) [denn nur dieses kann sich bilden, nicht aber einfach Schwefelkupfer (Çu), wie er berechnet] vollkommen von statten gegangen. Behandelt man das Schwefelsilber aber in einem offenen Glase mit dem Kupferchlorür als dicken Brei, so entsteht auf Kosten des Sauerstoffs der Luft vor der Bildung des basischen Kupferchlorids noch wahrscheinlich Kupferoxydulchlorür, welches seinen Sauerstoff an den Schwefel des Schwefelsilbers und an andere noch vorhandene Schwefelmetalle abgiebt; die so gebildete Schwefelsäure zersetzt das Kochsalz, die dadurch frei gewordene Salzsäure verwandelt unter Einwirkung der Luft das Kupferchlorür in Kupferchlorid, und dieses beginnt die Operation von Neuem. — Ebenso kann das bei einem zu weit gegangenen Todtrösten aus dem schwefelsauren Silberoxyde gebildete metallische Silber durch die Einwirkung oben genannter Chlorsalze noch im Laugfasse in Chlorsilber verwandelt werden, wie ja selbst reine Kochsalzlösung bei Luftzutritt Blattsilber oder Silberpulver unter gleichzeitiger Bildung von Natron auf Kosten des Sauerstoffs der Luft, von Salzsäure und Wasserstoffgasentwicklung in Chlorsilber zu verwandeln im Stande ist. Diese Umwandlung würde aber nur oberflächlich erfolgen, wenn nicht das, das metallische Silber einhüllende, Chlorsilber sich immer wieder in dem Kochsalze auflöste und so der Einwirkung desselben stets neue Oberfläche darböte.

Störungen im Filtriren und Präcipitiren.

Begünstigt sonach das Kupferchlorid und Kupferchlorür die Entsilberung, so muß man doch eine zu große Menge vermeiden, weil sich dann aus der Lauge in Berührung mit der Luft in den Gerinnen und Fällbottichen basische Salze, wie wir schon oben gesehen haben, ausscheiden und dadurch zu sehr vielen Unregelmäßigkeiten und Störungen im Filtriren und Fällen des Silbers Veranlassung geben; denn wenn man darauf keine Rücksicht zu nehmen nöthig hätte, dann brauchte man, ohne der Entsilberung

Eintrag zu thun, das Todtrösten gar nicht so weit erfolgen zu lassen und somit würde man sehr viel ersparen, wenn auch nicht an Kochsalz, so doch an Brennmaterial und Rösterlöhnen; denn eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd giebt so schon beim Kochen mit metallischem Silber schwefelsaures Silberoxyd und schwefelsaures Eisenoxydul, aber auch mit Kochsalz, wie das schwefelsaure Kupferoxyd, schwefelsaure Manganoxydul, schwefelsaure Zinkoxyd, unter Bildung von schwefelsaurem Natron Chlormetall (Chloreisen), welches wiederum mit den durch das heiß eingesetzte Kupfersteinmehl erzeugten Wasserdämpfen sich in Eisenoxydoxydul unter Entwicklung von Wasserstoff und Chlorwasserstoffsäure zersetzt ($3FeCl + 4HO = Fe^3O^4 + 3HCl + H$).

Ebenso gestattet nur das Filtriren und das Fällen des Silbers nicht die Zerstörung der schwefelsauren Salze beim Rösten durch einen Zusatz von Kalk anstatt durch ein starkes Feuer, weil der sich bildende Gips sich im Laugfasse in der Lauge auflöst, aber später nach erfolgter Abkühlung der Lauge sich auf dem Cementkupfer fest auffetzt oder sich mit dem Cementkupfer verkittet und die Filtration so wie das Niederschlagen des Silbers erschwert, wo nicht gar verhindert. Träte nicht dieser Uebelstand ein, so wäre dies ein sehr billiges Verfahren, um alles Kupfer in den Rückständen zu lassen und reines Silber zu erhalten; denn der Kupfervitriol zersetzt sich während des Röstens mit Kalk in Kupferoxyd und Gips, und auf Kupferoxyd wirkt eine concentrirte Kochsalzlauge gar nicht ein. Allerdings scheint in der Praxis durch Kalkzuschlag der Entsilberung Eintrag gethan zu werden, wenn nicht das Garrösten sehr verlängert und bei einer höheren Temperatur (als ohne Kalkzuschlag) vorgenommen wird, wiewohl die Theorie den Grund dazu nicht angiebt, denn das schwefelsaure Silberoxyd wird zwar durch überschüssigen Kalk in Silberoxyd unter Gipsbildung zerlegt, das Silberoxyd aber wird beim Rösten mit Kochsalz nach und nach in Chlorsilber unter Erzeugung von freiem Natron, ja sogar durch concentrirte Kochsalzlauge schon bei gewöhnlicher Temperatur nach

einiger Zeit in Chlorsilber verwandelt. Somit scheint die Erzeugung von Kupferchlorid zu einer vollständigen Entsilberung nöthig zu sein, dieses kann sich jedoch bei überschüssigem Kalkzuschlag nicht bilden, ja es wird sogar noch in den Laugfässern, wenn man es mit Kalk zusammenbringt, in Kupferoxydhydrat, auf welches concentrirte Kochsalzlösung ebenfalls ohne Wirkung ist, zersetzt.

Ausfällen des Bleies.

Eben des Filtrirens halber darf man zum Ausfällen des Bleies in dem Klärbottiche nicht Chlorkalk und Kalkmilch anwenden, sondern man läßt das in der Lauge enthaltene Chlorblei für gewöhnlich darin, oder fällt es, jedoch nur, wenn es sehr nothwendig ist, mit etwas Soda, die man bis zur Neutralisation der Lauge zusetzt, im Klärbottich aus.

Präcipitiren der Metalle.

Das Niederschlagen des Silbers durch Cementkupfer und das des Kupfers durch Eisen, erfolgt durch die secundäre Wirkung des von der Zersetzung des Wassers herrührenden Wasserstoffgases oder im Allgemeinen durch den galvanischen Strom, und es werden daher diese Metalle immer in Gestalt von Krystallen oder in Dendriten niedergeschlagen, wenn sich kein Wasserstoffgas oder nur sehr wenig dabei entwickelt, die Lösung daher vollkommen oder ziemlich neutral und sonach die wasserzersetzende Kraft des niederschlagenden Metalls in sehr unbedeutendem Maße auftritt; außerdem werden dieselben jederzeit nur in Pulverform und nicht mit allen den charakteristischen Merkmalen der Metalle ausgefällt. Somit tritt hierbei ganz dasselbe Verhältniß ein, als bei Anwendung von galvanischen Batterien zum Niederschlagen der Metalle, wo sich am negativen Pole eine Entbindung von Wasserstoffgas oder eine Neigung zu einer solchen eben so wenig oder nur in sehr geringem Grade wahrnehmen lassen darf, wenn man das Metall in Krystallform oder mit metallischen Eigenschaften niedergeschlagen erhalten will. Zu diesem Zwecke vermindert man die von der Batterie herrührende Intensität und zwar dadurch, daß man das Volumen des positiven Pols gegen das des negativen verringert, beide einander mehr nähert und durchaus keine oder nur höchst wenig

Säure zur Schärfung des Stroms anwendet; dagegen wird man die Metalle stets in Pulverform erhalten, wenn der elektrische Strom wenigstens genügende Kraft besitzt, um Wasser zu zersetzen, so daß sich also am negativen Pole Wasserstoffgas mit Heftigkeit entwickelt, und dies bewirkt man entweder durch Vergrößerung der Elemente der Batterie oder durch Anwendung starker Säuren. Da aber ein pulverförmiger Niederschlag stets sich den Eigenschaften des Schlammes nähert, d. h. die Filtration verhindert, so ersieht man hieraus leicht, daß man jederzeit die Silberlauge so neutral wie möglich zu halten hat, daß man also so sorgfältig wie möglich in der Lauge einen Gehalt an allen sauer reagirenden Substanzen (z. B. Kupferchlorür) und jede Entstehung oder eine nicht unbedingt nothwendige Anwendung von Säuren vermeiden muß, zumal da Chlorsilber nächst dem Jodkalium durch einen Strom von der geringsten Spannung zersetzbar ist.

Zu den das Wasser zersetzenden Metallen gehören auch die für unsern speciellen Fall das Silber und Kupfer niederschlagenden Metalle, Kupfer und Eisen, zumal da Kupfer in Kochsalzlauge eine größere elektropositive Kraft besitzt, als Kupfer im Wasser. Beide Metalle werden daher unter Einwirkung der Kochsalzlösung durch Berührung mit dem Sauerstoff des Wassers positiv, sonach treten sie in einen dem Sauerstoffe entgegengesetzten elektrischen Zustand, ziehen ihn an, und stoßen aber den Wasserstoff ab; da sich nun derselbe mit dem Chlor des Chlorsilbers oder Chlorkupfers zu Chlorwasserstoffsäure verbindet, so wird das Silber oder Kupfer auf der Oberfläche des Cementkupfers oder des Eisens ausgeschieden. Aber durch diese sonach ebenfalls elektrische, gewöhnlich aber chemisch genannte Wirkung hat sich eine einfache galvanische Kette, die aus zwei sich berührenden metallischen Elektromotoren, dem Silber und dem Kupfer, oder dem Kupfer und dem Eisen besteht und durch die Chlorsilber- oder Chlorkupferlösung geschlossen ist, gebildet, und die bekannten zersetzenden Wirkungen der Elektricität nehmen sofort ihren Anfang. Das Chlor der in der Kochsalzlauge aufgelösten Chlormetalle

geht nach dem durch den Contact mit dem niedergeschlagenen Metall noch mehr positiv gewordenen Metall (Kupfer oder Eisen) hin, vereinigt sich damit und macht es auflöslich, indeß das reducirte Metall (Silber oder Kupfer) an dem negativen Metall (dem vorher ausgefällten Silber oder Kupfer), und zwar in der unmittelbaren Berührungsfläche des Silbers mit dem Kupfer, also immer nach unten zu, sich ansetzt; je mehr aber Silber oder Kupfer sich niederschlägt, um so dichter und fester zusammenhängend wird nach und nach die Silberschicht oder die Kupferschicht und desto mehr Eigenschaften eines Metalls nimmt das Silber oder Kupfer an, weil mit der Zunahme an Stärke die Intensität des Stromes geschwächt wird, und es tritt dann derselbe Fall ein, wie bei einer Berührung von Zink mit einer Kupferlösung, wo auch bei der unmittelbaren und nicht zu lange anhaltenden Berührung nur lockeres Kupfer ausgefällt wird; ist aber das Zink mit einer oder mehreren Blasenschichten umgeben, muß sich also das zuerst am Zinke absetzende lockere Kupfer galvanisch durch die Blasenschichten bis in die Kupferlösung fortsetzen, so wird das niedergeschlagene Kupfer mit der Vermehrung der angewandten Blasen, also auch des Widerstands und Verminderung der Intensität des Stromes, fester, ja bei 3 Schichten knospig und zweigig. Wenn man daher das gefällte Silber oder Kupfer nicht oft abhebt, so vertritt die sich nach und nach immer mehr anhäufende Schicht die Blasen und vermindert die Stärke des Stromes, und dieser schlägt dann, wie wir oben gesehen haben, das Metall in einem der metallischen Eigenschaft sich sehr nähernden Zustande nieder, so daß man mit der Länge der Zeit ganze Deckel von Silber vom Kupfer, und ganze Schalen von Kupfer vom Eisen abheben kann. Da man aber vorzüglich Letzteres nicht wünscht, sondern man nur lockeres, wolliges Cementkupfer zum Fällen des Silbers benutzen kann, so ersieht man leicht, daß man nur durch öfteres Abheben dem Uebelstande des festen Zusammenhanges vorbeugen kann.

Da das positive Metall, das zum Fällen des Silbers dienende Schlämmen.

Cementkupfer, aber nie ganz frei von Eisen erhalten werden kann, so findet man gewöhnlich zwischen der Silberschicht und der Kupferschicht außer dem sehr feinen, noch nicht vollständig aufgelösten Kupferschlamme noch Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat, ja bei einer schlechten Röstung sogar basisch schwefelsaures Eisenoxyd, so wie Chlorblei, dessen Auflöslichkeit außer durch Salzsäure noch durch die Gegenwart von vielem Kupferchlorid bedingt ist; kommt aber Kupferchlorid mit metallischem Kupfer in Berührung, so verwandelt es sich in Kupferchlorür, und das Chlorblei muß als basisches Salz niederfallen; aus einer verdünnten Lösung aber wird vorzüglich durch Eisen metallisches Blei ausgefällt. Die Umwandlung des Kupferchlorids in Kupferchlorür nimmt man übrigens auch gleich an der Entfärbung der Lauge in dem Silberfällgefäße wahr und man kann daher nach der mehr oder weniger großen Farblosigkeit der vom Silberbottiche ablaufenden Lauge die Thätigkeit und Wirksamkeit des Cementkupfers, wie wir früher schon gesehen haben, beurtheilen.

Lauge, deren Zusammensetzung und Reinigung.

Was die Zusammensetzung der Lauge anbelangt, so kann sie natürlich in der Praxis nicht, wie die Theorie angiebt, aus nur 37 Theilen Kochsalz und 100 Theilen Wasser erfolgen, weil in dem dazu gewöhnlich angewendeten Salze meistens noch Chlormagnesium, Chlorcalcium, wasserhaltiges schwefelsaures Natron und Gips enthalten sind, so daß von 100 Theilen Wasser nicht nur viel mehr Salz, bis zu 42 Theilen, aufgenommen, sondern auch seine Löslichkeit mit der Temperatur erhöht werden kann; jedoch ist man deshalb noch nicht genöthigt, chemisch reines Kochsalz anzuwenden, da Chlorcalcium und Chlormagnesium im concentrirten Zustande ebenfalls Chlorsilber aufzulösen vermögen und eine später erfolgende Verunreinigung mit Glaubersalz nicht zu vermeiden ist. Dieses Glaubersalz krystallisirt aber schon bei einer noch nicht bis zum Nullpunkt herabgesunkenen Temperatur aus der Kochsalzlauge aus, indem, wie Balard aufgefunden hat, bei zwei Salzen mit derselben Säure oder der nämlichen Basis durch die Gegenwart des einen die Löslichkeit des andern, sobald keine doppelte Zerlegung statt=

finden kann, vermindert wird. Wie daher das Chlormagnesium die Löslichkeit des Chlornatriums erschwert, weil beide Salze einen und denselben negativen Bestandtheil, das Chlor, enthalten, ebenso wird die Ausscheidung des Glaubersalzes durch das überschüssige Kochsalz begünstigt, oder die Löslichkeit des Glaubersalzes vermindert, da beiden Salzen ein und derselbe Bestandtheil, das Natron und Natrium, zur Basis dient. Da aber wiederum nach Balard bei zwei durch Säure und Basis verschiedenen Salzen, zwischen welchen jedoch eine doppelte Zerlegung möglich ist, die Gegenwart des einen die Löslichkeit des andern befördert, so muß man nach dem Auskrystallisiren des Glaubersalzes die Mutterlauge sehr bald abzapfen, wenn dieselbe reich an Chloreisen oder an Chlormagnesium ist.

Die spießigen, aus der Lauge bei sehr kalter Witterung ausgefrorenen Glaubersalzkrystalle sind nur wasserhaltiger als die bei einer nicht so sehr niedrigen Temperatur auskrystallisirenden dicken Krystalle, und man hat daher dasselbe Verhältniß, als beim Kochsalze, welches, bis —10° erkaltet, in großen breiten Säulen, die 40,11% Wasser enthalten und als vierfach gewässertes Chlornatrium ($NaCl + 4HO$) betrachtet werden können, auskrystallisirt.

Vom Chloreisen wird übrigens die Lauge in den Auslaugfässern durch ihr starkes Aufkochen in Folge des heiß eingesetzten Kupfersteinmehles gereinigt, indem sich dabei in Berührung mit der Luft Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat und basisches Eisenchlorid als gelber Schlamm unter Entwicklung von Salzsäure und Wasserstoffgas ($3FeCl + 4HO = Fe^3O^4 + 3HCl + H$) auf dem Mehle ablagert; wahrscheinlich zersetzen sich aber auch zum Theil Eisenchlorür und schwefelsaures Natron in Gegenwart von überschüssigem Kochsalz und in der Kochhitze, so daß basisch schwefelsaures Eisenoxyd mit ausgeschieden wird. Ebenso wird ein Theil von Chloreisen und Glaubersalz als Pfannenstein in einer mit einer Steinkohlenfeuerung versehenen Sättigungspfanne ausgefällt, indem das Glaubersalz die Eigenschaft besitzt, in einer gesättigten Kochsalzlösung

sein Wasser abzugeben und in diesem Zustande mit den andern niederfallenden Körpern, als Eisenoxyd, basischem Eisenchlorid, Gips ꝛc., zu einer festen Kruste, dem Pfannenstein, sich zu vereinigen. Ist die Lauge sehr sauer geworden und fügt man Soda bis zum Neutralisationspunkt hinzu, so wird auch der größte Theil des Chloreisens zersetzt und Eisenoxyd schlägt sich unter Chlornatriumbildung nieder; jedoch darf man mit dem Sodazusatze nicht darüber hinaus gehen, weil eine alkalische Lauge nicht mehr im Stande ist, Chlorsilber aufzulösen.

Anwendung anderer das Chlorsilber auflösender Substanzen zur Silberextraction.

Andere Salze, wie z. B. die dithionigsauren (unterschwefligsauren) Salze anstatt des Kochsalzes zum Auflösen des Chlorsilbers anzuwenden, wie Dr. Percy in Swansea vorgeschlagen hat, möchte wohl eher ein Haschen nach etwas Neuem erkennen lassen, als einen praktischen Nutzen gewähren, zumal da die unterschwefelsaure Kalkerde ($\dot{Ca}\dddot{S}$), die er neben Chlorkalk vorgeschlagen hat, schon bei + 60° in schwefelsaure Kalkerde und in Schwefel zersetzt wird und er wahrscheinlich seine Resultate dem Chlorkalke zu verdanken hat.

Abtheilung III.

Nacharbeiten.

Erstes Capitel.

Anneten der Rückstände.

A. Vorrichtungen.

Die Rückstände würden, wollte man sie sofort über dem Schachtofen verschmelzen, wegen ihrer Pulverform ein Durchpulvern, d. h. kalte Schichten veranlassen oder nur die Anwendung eines sehr schwachen Windes, daher aber auch nur ein geringes Durchsetzquantum gestatten. Deshalb knetet man den Rückstand mit quarzreichem Thone zusammen und wendet dazu entweder einen circa 4 Ellen langen, 2 Ellen breiten und $2^1/_2$ Elle hohen, aus starken Pfosten hergestellten **Knetkasten**, oder ein besonderes **Knetwerk** an, welches wie ein Stempelpochwerk eingerichtet, nur daß jeder der sechs Stempel mit einem aus hartem Holze meißelartig hergestellten Schuh versehen ist und abwechselnd immer drei Stempel, nämlich der erste, dritte und fünfte, dann der zweite, vierte und sechste angehoben werden.

a) Anknetevorrichtung.

Der **Trockenapparat**, dessen man sich zum Trocknen der Batzen bedient, besteht aus einem über den Röstöfen erbauten und durch die beim Rösten verloren gehende Hitze mittelst Züge bis zu 70° erhitzten Raum (**Trockenraum**) mit eisernen langen tafelförmigen Horden und einem Darr- oder **Trockenofen**, welcher

b) Trockenapparat.

ebenfalls über der Flugstaubkammer eines Röstofens angebracht, im Allgemeinen von drei Ziegelmauern und einem flachen Gewölbe hergestellt ist, einen Raum von 3 Ellen Höhe und 3 Ellen Tiefe und 6 Ellen Weite enthält. Durch die offene Seite gehen bis in den Ofen hinein 4 Eisenbahnen von den Horden weg, und zwar liegen je zwei übereinander. Blecherne Klappen schließen nach Besetzung des Ofens diese vierte offene Seite. Die Erhitzung dieses Ofens erfolgt ebenfalls durch die aus dem Röstofen entweichende Wärme, indem die darunter befindliche Flugstaubkammer mit gußeisernen Platten abgedeckt ist und diese sonach die Sohle des Trockenofens bilden.

B. Manipulation.

Die Manipulation des Anknetens der Rückstände mit Thon in dem Anknetekasten erfolgt ganz einfach dadurch, daß man 6 Centner Rückstände mit 40 bis 60 Pfund Thon schichtenweise abwechselnd übereinander stürzt, das Ganze mit einer Schaufel so lange durchsticht, bis ein inniges Gemenge erlangt ist; alsdann wird es noch mit bloßen Füßen fest zusammengetreten. Vortheilhafter ist aber zum Mengen des Thons unter die Rückstände ein Knetwerk, wodurch in $1/2$ bis 1 Stunde, je nachdem die Stempel sich rasch auf- und nieder bewegen, 6 Centner Rückstände mit 60 Pfd. Thon zusammengeknetet werden können.

Die zusammengeknetete Masse wird auf eine aus Pfosten gebildete Tafel gebracht, hier von Kindern oder alten Arbeitern zu Kugeln oder Batzen von 3 bis 4″ Durchmesser geformt, diese auf 4 Fuß lange, 6 Zoll breite und $3/4$ Zoll starke Bretter gelegt und so sammt den Brettern auf die Horde, von da auf die eisernen Wagengestelle und mittelst der Wagen in den Trockenofen gebracht. Zuletzt hängt man noch die offene Seite des Trockenofens mit den blechernen Fallklappen zu. Nach 6 Stunden werden die Batzen, die nun ganz trocken und fest geworden sind, mittelst der Wagen wieder auf den Eisenbahnen aus dem Ofen über den Beschickungsraum des Schachtofens gebracht, worauf der Ofen von Neuem besetzt wird.

Zweites Capitel.

Verschmelzen der Rückstände auf Schwarzkupfer.

A. Manipulation.

Die scharf getrockneten Rückstandsbatzen werden gewiß mit dem geringsten Metallverlust in einem Schachtofen verschmolzen, wiewohl das Mengen oder Einkneten von Steinkohlenklåre unter die Rückstände und das Bedecken des im Ofen ausgebreiteten Satzes mit Steinkohlen das Verbrennen des Kupfers im Flammenofen sehr vermindert, man ganz ohne Schlackenzusatz schmelzen, also ein bedeutenderes Durchsatzquantum erzielen kann, ein viel reicheres und reineres Schwarzkupfer neben sehr wenig Lech erhält; aber der Heerd des Ofens darf nicht größer als der eines Raffinirofens sein. Ob von den Schachtöfen der Brillenofen vor dem Sumpfofen den Vorzug verdient, darüber entscheiden meistens locale Verhältnisse, und während der Brillenofen den Vorzug besitzt, daß er in Folge der größeren Hitze, des sofortigen Entfernens des Kupfers aus dem Ofen und des stärkeren Durchsetzquantums mehr Kupfer als Lech und zugleich auch kupferreicheres Schwarzkupfer liefert, so fallen doch die Schlacken, vorzüglich die Randschlacken, unreiner aus, als bei einem Sumpfofen, der vorzüglich den Nachtheil hat, daß das Schwarzkupfer leicht, und zwar um so leichter, je reiner es ist, im Sumpfe erstarrt und dann das Stechen verhindert, sobald die Förderung nicht sehr gut ist, oder man zu wenig Lech, der das unter ihm sich befindliche Schwarzkupfer sehr hitzig hält, im Ofen hat. Was die Unterbrechungen des Schmelzganges betrifft, so möchten wohl die des Ausräumens beim Sumpfofen nach jedesmaligem Stechen diejenigen, welche zur Herstellung und Erhaltung der Tiegel des Brillenofens nöthig sind, ziemlich ausgleichen, ganz ungerechnet, daß der Brillenofen einer anhaltenden Aufmerksamkeit von Seiten der Arbeiter bedarf.

Wahl des Ofens.

Beschickung. Zur Beschickung für einen Schachtofen verwendet man gewöhnlich 20 bis 30% kieselreiche Schlacken (z. B. Rohschlacken von quarzreichen Erzen), 1 bis 10% Quarz, 1 bis 5% Bleischlacke (oder Flußspath) auch wohl noch einige Procente Gips, sobald eine nicht hinreichende Menge Lech fällt. Dagegen sind bei einem zu starken Lechfalle und bei einem das Stechen verhindernden Auflegen von erstarrtem Schwarzkupfer auf der Sohle des Ofens Eisengranalien oder kleine Eisensauen von Vortheil, wodurch zugleich das Kupfer in nicht so bedeutenden Procenten in den Lech übergeführt wird. Ofenführung. Im Allgemeinen muß der Gang sowohl beim Brillenofen als auch beim Sumpfofen so hitzig wie möglich gehalten werden, weshalb auch der Ofen im Sumpfe und Schmelzraume enger und kürzer als bei anderen Arbeiten zugestellt, der Sumpf der Form näher gerückt und sehr viel Wind hineingeschlagen wird. Die Nase muß möglichst kurz, höchstens 4 Zoll lang und nach unten gerichtet sein, wie auch die Form einen bedeutenden Fall von 1½ Zoll auf ihre ganze Länge haben muß. Ein sehr starkes Herausschlagen der Flamme unter der Brust sieht man beim Sumpfofen gern. Die Schlacken, die übrigens von der größten Lauterkeit sein müssen, entfernt man beim Brillenofen durch öfteres Abheben, beim Sumpfofen aber hebt der Arbeiter nur die feste Schlackendecke ab und streicht die anderen im Vorheerde sich befindenden flüssigen Schlacken mit der Schaufel heraus, zieht sodann unter der Brust den Coaks zur Lauterhaltung der Schlacke hervor, wirft aus demselben Grunde noch etwas Torf in den Vorheerd, füllt die durch das Abfließen der Schlacke entstandene Oeffnung wieder mit einer Schaufel Coakslösche und stellt darum einen Damm von Schlackenkläre her.

Ist der Lech so weit im Ofen oder in den Tiegeln heraufgetreten, daß er sich unter der Schlackendecke zeigt, so schreitet man beim Brillenofen zum Verstopfen des einen in den Tiegel führenden Canals und zum Oeffnen des anderen, beim Sumpfofen aber zum Abstechen. Vorher aber wird Schicht aufgegeben und der Wind abgeschützt; hierauf stößt der Schmelzer das vorher auf's Sorgfältigste

abgewärmte Stecheisen ins Stichloch ein und hält es, während ein oder nach Befinden zwei Arbeiter es mit Fäusteln durch starke Schläge eintreiben. Sodann wird die Spille in das Stecheisen gesteckt und letzteres mit einem kleinen Fäustel, welches man auf die Spille aufschlägt, herausgetrieben. Während aber das Schwarzkupfer und der Lech in den Stichheerd abfließen, streicht ein Arbeiter mit einem an einem Steinhaken befestigten Stück Holz auf der flüssigen Masse vorsichtig herum, indem sonst das Schwarzkupfer leicht erstarrt, Krusten bildet und daher im Stichheerde keine vollkommene Trennung des Schwarzkupfers vom Leche stattfinden würde. Ganz läßt man jedoch den Ofen nicht entleeren, sondern so wie der Lech etwas schwächer zu laufen anfängt, wird ein Holzpfropf ins Stichloch eingestoßen, derselbe dann mittelst einer hölzernen Stange (des Stopfholzes) unter Beihülfe von einigen Fäustelschlägen noch mehr eingetrieben und dann noch ein Lehmpfropf darauf gesetzt. Wollte man den ganzen Lech herauslaufen lassen, so würde man nicht nur das Graben oder Einfressen des Schwarzkupfers in die Sohle, welche man eben deshalb mit großem Vortheil aus 9 Theilen feingepochtem und gesiebtem Quarz und 1 Theil kieselreicher, ebenfalls fein vorbereiteter Schlacke anstatt aus schwerem Gestübe herstellt, sehr begünstigen, sondern auch das Auflegen von erstarrtem Schwarzkupfer befördern. Deshalb wendet man auch im Anfange, wo man noch keinen Lech hat, silberleeren Kies an. Läuft aber das Schwarzkupfer beim Abstechen sehr matt und pfockig aus dem Stichloche, so muß sogleich zur Beschickung ungerösteter Kupferlech oder in Ermangelung dessen ebenfalls silberleerer Kies oder kiesiges Kupfererz zugeschlagen werden.

Nach erfolgtem Abstechen oder nach erfolgtem Abheben der letzten Schlackentheile aus dem Tiegel des Brillenofens schreitet man sogleich zum Scheibenreißen, d. h. der Lech und das Schwarzkupfer wird in möglichst dünnen Scheiben aus dem Stichheerde mit der Furkel herausgehoben und dann wie ein Leder auf der Hüttensohle an seinen Ort fortgeschleift. Das unter dem Leche befindliche

Schwarzkupfer giebt sich sogleich durch ein viel hitzigeres, weißglühendes Ansehen zu erkennen, und sobald sich dieses zeigt, besprengt man mittelst einer Gießkanne oder mittelst niedriger Störzel die Oberfläche des Schwarzkupfers mit heißem Wasser. Diese Manipulation, durch welche übrigens die Ausscheidung des Bleies in Perlen in Folge der schnellen Erstarrung sehr begünstigt wird, erfolgt aber auch der Vorsicht halber oft mittelst einer Rinne, die unten mit Oeffnungen versehen ist und auf einem Bocke aufruht. Während ein Arbeiter in die Rinne etwa eine Kanne heißes Wasser nach und nach gießt, bewegt ein anderer dieselbe so, daß sich das in Gestalt eines feinen Regens herabfallende Wasser auf der Oberfläche des Schwarzkupfers vertheilt. Ist das Wasser ziemlich verdampft, so reinigt man durch Abkehren des Wassers die oben auf dem Schwarzkupfer sich befindenden Unreinheiten oder Kupferkügelchen und hebt das Schwarzkupfer als Scheibe mittelst der Furkel aus dem Stichheerd, während ein anderer Arbeiter sie von dem Stichheerde mittelst Böhrer loslöst. Alsdann faßt ein dritter Arbeiter die Schwarzkupferscheibe mit einem Haken, und so wird sie mittelst einer Walze an den bestimmten Punkt gebracht.

Bei diesem Abstechen und Scheibenreißen sind einige sehr wesentliche Vorsichtsmaßregeln zu berücksichtigen:

1) muß in dem Stichheerd bis kurz vor dem Abstechen wie in dem Tiegel des Brillenofens Holzkohlenfeuer zum Abwärmen unterhalten werden, so wie alle Instrumente, die mit dem noch flüssigen Schwarzkupfer in Berührung kommen, sorgfältig abgewärmt sein;

2) muß das Scheibenreißen schon an und für sich sehr behutsam erfolgen, da man das Schwarzkupfer in möglichst dünnen, runden Scheiben zu erhalten suchen muß, dieselben aber im heißen Zustande nicht viel Festigkeit gewähren;

3) muß man beim Abheben der einzelnen Scheiben mit Sorgfalt verfahren, um nicht den Tiegel oder den Stichheerd dabei zu zerstören, da das durch die glühenden Kohlen und heißflüssigen Massen sehr ausgetrocknete Gestübe sich leicht abbröckelt. Um dieses zu

vermeiden, schiebt man unter das Gezäh ein Stückchen Holz oder besser einen alten Besen, so daß das Gezäh den Tiegel oder den Stichheerd nicht berührt.

Während des Scheibenreißens hat ein vierter Arbeiter bereits den Vorheerd so wie den Damm wieder in Stand gesetzt und den Wind von Neuem in den Ofen gelassen. Bei einem Brillenofen aber läuft unterdeß der andere Tiegel voll; jedoch erweitern sich die Tiegel des Brillenofens nach und nach so, daß es sich ereignet, daß das Schwarzkupfer, vorzüglich wenn es sehr bleihaltig ist, aus dem einen in den anderen dringt, worauf man das Auge verstopfen und neue Tiegel herstellen muß; oder die Gassen, welche übrigens immer mit Torf bedeckt gehalten werden müssen, halten nicht und müssen entweder tiefer gegraben oder neu hergestellt werden, so daß der Brillenofen ebenfalls Unterbrechungen unterworfen ist.

Der bei dieser Arbeit fallende Lech wird in Stücke zerschlagen und in den Röststätten in Haufen von 80 bis 110 Centnern mit Scheitholz und zuletzt noch mit Holzkohlen in 6 bis 8 Feuern zugebrannt. Alsdann kommt er entweder zur Schwarzkupferarbeit zurück, oder er wird erst zur Kupfervitriolerzeugung ausgelaugt und zwar nach jedem Feuer.

Ist es nöthig, daß der Ofen ausgebrannt wird, so giebt man gewöhnlich einige Tröge Schlacken zuletzt auf die Gicht; hat man aber Kupfersauen bei einer vorhergehenden Schwarzkupferarbeit erhalten, so bringt man auf die letzten Schlackensätze einige Schienfässer Coaks, darauf die Saue, bettet sie sorgfältig mit Coaks ein und läßt sie so mit niedergehen. So wie die Beschickung bei dem Zugloche niedergegangen ist, so wird zuerst so viel als möglich die im Ofen befindliche Schlacke entfernt; ist dieses geschehen, so besprengt der Arbeiter die vordere Seite des Ofens mit Wasser, kehrt den reichlich darauf sitzenden Staub ab und schlägt hierauf mit einem Fäustel, nachdem der Wind weggenommen, den unteren Theil der Ofenbrust bis zum Bogen in der Brust heraus, sucht sämmtliche Coaksgriesen und Schlacken zu entfernen und schreitet zugleich zum

letzten Abstechen, wobei er den Ofen sich vollkommen entleeren läßt. Hierauf stößt man den noch stehenden Theil der Ofenbrust ein, reißt Alles, was sich nur aus dem Ofen entfernen läßt, heraus, indem ein Arbeiter mit einem langen, unten breiten Böhrer die Masse auflockert und abstößt, während ein anderer immer durch lange Haken oder Krähle die losgetrennten Massen herauszieht und sogleich mit Wasser ablöscht. Kann man aber nichts mehr loslösen, so wird auf dem Vorheerde ein Damm von Gestübe vorgerichtet und sowohl Wasser durch die Brust, als auch durch die Gicht in den Ofen gegossen, so daß der Wasserspiegel beinahe bis an die Form steigt. 12 Stunden später, nachdem der Ofen ziemlich abgekühlt ist, wird auch der Vorheerd eingerissen und das in dem Ofen befindliche Geschur durch Schlägel und Eisen herausgearbeitet.

Die theoretischen Principien dieser Schwarzkupferarbeit sind in der Theorie des Spurens zum größten Theil enthalten und bedürfen daher keiner weiteren Auseinandersetzung als der, daß sie vorzüglich in der Reduction des Kupferoxyds durch Kohle oder vielmehr durch deren Gase, ferner in der Verschlackung der übrigen, im Ueberschusse vorhandenen Metalloxyde mit der zugeschlagenen Kieselerde, so wie in der gegenseitigen Zersetzung des Kupferoxyds und der Schwefelmetalle ($2\dot{C}u+\acute{C}u=4Cu+\ddot{S}$), welche in Folge der Reduction der in den Rückständen noch enthaltenen und oft besonders noch zugeschlagenen schwefelsauren Salze entstehen, beruhen; denn auch der Gips verwandelt sich zu Schwefelcalcium, welches aber durch die reducirten Metalle unter Erzeugung von Schwefelmetallen (Schwefelkupfer und Schwefeleisen) zerlegt wird und so die Ausscheidung von Eisensauen verhindert. Eben deshalb muß man auch sehr hohe Oefen, d. h. eine allzuhohe Temperatur im Ofen vermeiden, weil dann kieselsaures Kupferoxyd gebildet und dieses auf Schwefeleisen so wirkt, daß metallisches Eisen (= Sauen) ausfällt.

Da die Reduction des Kupferoxyds auf Kosten des Brennmaterials erfolgt, so ist natürlich ein hoher Coaks- oder Holzkohlenaufgang mit der Schwarzkupferarbeit verbunden. Mit Vortheil kann

man aber hierbei rohe Brennmaterialien neben vercoakten oder verkohlten verwenden.

Die Färbung der durch das offene Auge schlagenden Flamme rührt von sich verflüchtigendem und durch das Gebläse durch das Auge hindurch fortgetriebenem Chlorkupfer her, welches entweder in der Lauge enthalten und dann durch das Aussüßwasser ausgefüllt wurde, oder welches erst im Ofen durch die Berührung der Metalloxyde, der schwefelsauren Salze so wie der Kieselerde mit dem an den Rückständen noch adhärirenden Kochsalz erzeugt wird, und zwar im letzteren Falle unter Bildung von kieselsaurem Natron. Erfolgte aber das Aussüßen unvollkommen, so ist sie von Natronsalzen gelblich roth gefärbt und die blaue Färbung nach Chlorkupfer wird dadurch unterdrückt.

Die Schwarzkupferschlacke ist ein Gemenge von Subsilicaten und Singulosilicaten, und entspricht sonach den Bedingungen der größten Leichtflüssigkeit und Lauterkeit.

Drittes Capitel.

Raffiniren des Kupfers.

Da das Garmachen des Schwarzkupfers in kleinen Garheerden hinreichend bekannt ist, so bedarf es wohl hier weiter keiner besonderen Beschreibung desselben. Das Raffiniren des Kupfers im Flammenofen dagegen ruht meistens in den Händen von Privaten und kann daher selten genau studirt werden, gewährt aber neben bedeutenden ökonomischen Vortheilen noch den großen Vorzug, daß es das Garmachen unmittelbar mit dem Hammergarmachen verbindet; deshalb wird eine sorgfältige Beschreibung dieses Verfahrens hier ganz an seinem Orte sein.

A. Roasten oder Spleißen.

Ist das Schwarzkupfer schon sehr rein, so kann es sogleich zum eigentlichen Raffiniren gelangen, außerdem thut man aber wohler, es vorher entweder einem Spleißen oder einem Roasten zu unterwerfen, ja es kann vorkommen, daß diese letztere Arbeit, welche, wie wir schon früher kennen gelernt haben, im Wesentlichen in einem 18 bis 20 Stunden langen, gelinden, allmählig gesteigerten Erhitzen und dann in einem 4 bis 6 Stunden langen raschen Einschmelzen der Schwarzkupferscheiben, d. h. in der Bildung von Oxyden, in der Reaction des Kupferoxyds auf Schwefelkupfer und der Einwirkung der Kieselerde auf das überschüssige Kupferoxyd und andere Oxyde besteht, wiederholt werden muß, bis nämlich das Kupfer auf seiner Oberfläche ein graues, dem Roheisen ähnliches, blasenartiges Aeußere, auf seiner Bruchfläche aber, in Folge der dabei stattfindenden Gasentwickelung, ein ganz poröses, bienenzelliges Ansehen und eine dem Garkupfer ähnliche rothe Farbe annimmt, Hämmerbarkeit jedoch noch nicht zu erkennen giebt.

B. Raffiniren.

Das eigentliche Raffiniren, welches den Zweck hat, die letzten Spuren von fremden Substanzen aus dem Kupfer zu entfernen und dem Garkupfer die hinreichende Zähigkeit zu geben, findet in Flammenöfen statt, die im Allgemeinen wie die oben näher beschriebenen Spurflammenöfen construirt, aber nur 10 bis 12 Fuß lang und 6 bis 8 Fuß breit sind und deren Heerde zwar dieselbe Zusammensetzung und Herstellung, aber größere Stärke (bis 30 Zoll) besitzen, Neigung nach der Arbeitsthür zu haben und daselbst einen 6 Zoll tiefen Sumpf bilden, aus welchem das Garkupfer ausgekellt, aber nicht abgestochen wird. Das Gewölbe, welches eine größere Höhe besitzen muß, um dem Kupfer beim Ausgießen die nöthige Temperatur geben zu können, ist bei der Feuerbrücke 3 Fuß über der

Ofenconstruction.

Sohle des Heerdes erhaben, neigt sich aber dergestalt gegen die Arbeitsthür hin, daß es daselbst nur 2 Fuß von dem Heerde oder 1½ Fuß von dem unteren Rande der 1 Fuß hohen und 1½ Fuß breiten Thüröffnung absteht. Die Fuchsöffnung ist 9 bis 10 Zoll breit und 30 Zoll lang und befindet sich dicht über der Arbeitsöffnung im Gewölbe. Die ebenfalls mit einer 4″ hohen und breiten Luftöffnung versehene Feuerbrücke ist 4 bis 6 Fuß breit und ragt 1 Fuß über dem Heerde und auf der anderen Seite 2½ bis 3 Fuß über dem 4 Fuß langen und 4 Fuß breiten mit 20 Roststäben versehenen Roste hervor, so daß der Feuerraum größer, als bei den Spursteinflammenöfen ist, und man sich daher nach Belieben eine sehr große Intensität der Flamme verschaffen kann. Der Heerd oder Boden wird ebenso wie zum Spuren aus Sand oder aus künstlicher Masse hergestellt.

Manipulation.

Dieser Ofen wird, nachdem er Weißglühhitze erlangt hat, mit 60 bis 80 Ctrn. Schwarzkupfer oder mit dem durch Spleißen oder Roasten vorbereiteten Rohkupfer durch die in der Seitenmauer des Ofens befindliche Thüröffnung mittelst eiserner, langer, vorn schaufelartig gestalteter Gezähe besetzt, was aber um so sorgfältiger und vorsichtiger erfolgen muß, weil der Ofen fast ganz angefüllt wird und dennoch auf eine hinreichende Menge und gleichvertheilte Zwischenräume zum gleichförmigen Durchzug der Flamme Rücksicht genommen werden muß. Zur Erleichterung dieser schweren, von wenigstens 2 Mann ausgeführten Arbeit dient ebenfalls, wie beim Spursteinroasten ein vor der Arbeitsthür horizontal liegender und mit Fett bestrichener Eisenstab, auf welchem man die Gezähe hin und her gleiten läßt; ist aber der Ofen früher im Gange gewesen, da ein Heerd oft sehr viele Garmachen aushält, so beginnt man die Operation mit dem früher schon beschriebenen Austhonen längs der Seitenwände, so wie an der Feuerbrücke, und läßt darauf das Ausgleichen der durch das Kupfer hervorgebrachten Vertiefungen mittelst Sand oder Heerdmasse, so wie das Abstoßen aller Erhabenheiten, die in Folge des am Rohkupfer adhärirenden oder im Anthracit oder

Holzkohle enthalten gewesenen Sandes entstanden sind oder auch von metallischem Kupfer selbst herrühren, erfolgen. Ist das Eintragen, wodurch natürlich der Ofen wieder sehr aus der Hitze kommt, beendet, so wird die Temperatur je nach der größeren oder minderen Reinheit des Rohkupfers bis 6 Stunden lang in so niedrigem Grade erhalten, daß das horizontal nach Art der an der Luft zu trocknenden Ziegel aufgeschichtete Metall nicht zum Schmelzen, sondern nur zu einem gleichförmigen Glühen kommt und darin zur Oxydation des Kupfers und der fremdartigen Bestandtheile erhalten wird. Ist jedoch das Rohkupfer nur mit Substanzen verunreinigt, die durch den Oxydationsproceß sehr leicht abgeschieden werden können, z. B. mit sehr wenig Eisen oder Schwefel, so kann man oft ohne Nachtheil dieses Glühen ganz weglassen, ja sogar das Kupfer bei der größten Schmelzhitze sofort niederschmelzen und dann zur Oxydation der fremdartigen Bestandtheile die an den Seiten angebrachten Luftzuführungscanäle öffnen und das Kupfer in immer treibender Bewegung erhalten, bei welchem Verfahren aber allerdings der Ofen sehr angegriffen wird und die Entstehung von S p r ü h k u p f e r, somit ein größerer Kupferverlust nicht zu vermeiden ist. Niemals wird man aber diejenigen Rohkupfer einem solchen Proceß unterwerfen können, die eine länger fortgesetzte Einwirkung des Kupferoxyduls zur Verschlackung erfordern, wie z. B. Zinn, Wismuth, Antimon. Hat man nun das Rohkupfer einem Glühen oder Braten unterworfen, so verstärkt man nachher die Hitze so, daß das Kupfer zum Schmelzen kommt, dabei das gebildete Kupferoxyd, oder das mit Kieselerde verbundene Kupferoxyd auf die leichter als das Kupfer oxydirbaren fremden Bestandtheile oxydirend wirkt und sich eine Schlacke bildet, die außer überschüssigem Kupferoxydul noch alle fremden, das Rohkupfer verunreinigenden Substanzen enthält. Nach diesem etwa 4 Stunden anhaltenden Einschmelzen wird die halbweiche Masse gut aufgekrückt; alsdann aber zieht der Schmelzer, während der Ofen sich noch in starker Hitze befindet, die Schlacke von der Oberfläche des Kupfers entweder mit eisernen, mit Lehm bestrichenen Krücken oder

auch, wenn Alles ganz lauter ist, mittelst Holzklötzchen, die an ein dem Steinhaken ähnliches Gezäh befestigt werden, durchs Arbeitsthor herunter, wobei bisweilen ein anderer Arbeiter ihn dadurch unterstützt, daß er vom Seitenthore aus mit einer hölzernen Stange die Schlacken nach der Arbeitsöffnung zu schiebt. Je unreiner das Kupfer ist, desto öfter muß man das Schlackenziehen und Durchkrücken wiederholen. Sind die Schlacken zu dünnflüssig, was meistens von einem zu hohen Hitzgrade herrührt und das Einziehen einer größeren Anzahl von Roststäben verlangt, so wirft man Kohlengestübe darauf, mit welchem sich die Schlacke verwickelt und nun leichter abziehen läßt. Einen zu hohen Hitzgrad zeigt aber außerdem noch das Blasenwerfen der Schlacken an. Werden endlich die Schlacken vom Kupferoxydul stark roth gefärbt, blasig und sehr schwer, so rührt man nach erfolgtem Schlackenziehen, was nun jedesmal mittelst Gestübe unterstützt wird, das nun ganz lautere Metallbad mit einer gut mit Lehm bestrichenen eisernen Krücke, da nicht mit Lehm überzogene eiserne Krücken vom übergaren Kupfer sehr angegriffen und überhaupt alle zum Umrühren des flüssigen Metalls angewandten eisernen Gezähe in Folge ihrer Entkohlung durch das Kupferoxydul sehr glänzend und weiß werden, wiederum gut durch und nimmt mit einem nicht zu kleinen mit Thon bestrichenen Löffel eine Probe, welche entweder im Löffel erkalten gelassen oder in einen eisernen Einguß gegossen wird. Zeigen sich auf der Oberfläche der Probe keine Blasen oder kein schwarzer Punkt mehr in der Mitte, läßt die Probe, nachdem sie in einem Schraubstock zerbrochen worden ist, auf dem Bruche eine tiefrothe, dem Purpur sich nähernde Farbe, grobes offenes Korn und zum Theil krystallinisches Gefüge, also im Allgemeinen so ziemlich die Eigenschaften des Rosettenkupfers erkennen, oder zeigt bei einem nur eisen-, schwefel- und nickelhaltigen Kupfer die Probe ein rothes poröses Ansehen auf dem Bruche, was ein Zeichen ist, daß das Kupfer rein von allen fremdartigen Metallen ist und nur noch sehr wenig Schwefel enthält, so schreitet man zum Proceß des Zähemachens oder Hammergarmachens, wel-

cher in einem Reduciren des im Kupfer höchst innig vertheilten Kupferoxyduls und in einem Oxydiren der letzten Spuren von fremdartigen Bestandtheilen durch Kohle und Holz besteht und vom Engländer poling genannt wird. Zur Vollführung dieser Arbeit (d. h. des Polens) wird die Oberfläche des Metallbades mit zerkleintem Holz oder Holzkohlen odet sehr reinem Anthracit überdeckt und dann werden 3 bis 3½ Zoll starke und 15 bis 18 Fuß lange, lufttrockene Stangen von Birkenholz oder Buchenholz, deren Anzahl der Oxydulgehalt der Probe, also die mehr oder weniger tiefrothe Farbe ungefähr schon bestimmt hat, mitten in das flüssige Kupfer auf eine Länge von 1½ Fuß durch das Arbeitsthor eingetaucht, womit aber auch zugleich ein allmähliges Umrühren verbunden ist. Die Gase, welche hierbei aus dem Holze sich entwickeln, entweichen gewaltsam aus dem geschmolzenen Metalle und bewirken dabei ein starkes Aufwallen, dadurch aber auch eine gleichförmige Beschaffenheit des Metalls, die Reduction des Kupferoxyduls und ein Ausstoßen aller fremdartigen Bestandtheile, die auf der Oberfläche sich ansammeln und vor dem Ausschöpfen abgezogen werden oder sich verflüchtigen, wie z. B. Schwefel, weshalb man auch bei einem antimon-, zinn- und bleifreien Kupfer dieselbe Operation nicht selten schon nach dem ersten Schlackenabzuge vornimmt. Während nun die Temperatur im Ofen noch immer so hoch gehalten wird, als zum vollkommenen Flüssigbleiben des geschmolzenen Kupfers nothwendig ist, wobei es geschehen kann, daß die Ziegel tropfenweise abschmelzen, muß die Flamme constant mit einer mittleren Geschwindigkeit sich längs des Gewölbes hinziehen. Von Zeit zu Zeit wird wieder Holzkohle zugeschlagen, so daß die Oberfläche des Metalls beständig damit bedeckt ist und das Umrühren mit hölzernen Stangen in Pausen von 15 bis 25 Minuten so lange fortgesetzt, bis die in beständiger Folge zu nehmende Probe den Punkt des höchsten Grades von Hämmerbarkeit angiebt und das geschmolzene Kupfer mit seiner eigenthümlichen meergrünen Farbe auftritt. Enthält das Kupfer kein Oxydul, so zeigt, wie auch Karsten (Me-

tallurgie V. 254) angiebt, während des Abkühlens das Bad einen reinen glänzenden Spiegel, auf welchem einzelne matte, sternartige Flocken schnell entstehen und ebenso schnell wieder verschwinden. Enthält das Kupfer aber Oxydul, so sind die matten Flocken größer, zeigen keine lebhafte Bewegung, nehmen vielmehr an Umfang immer zu, so daß die glänzende Fläche des geschmolzenen Metalles nur an einzelnen Stellen zum Vorschein kommt. Das Kupfer, welches Kohle enthält, zeigt dieselben Erscheinungen wie das reine Kupfer, nur daß die Bewegung der plötzlich entstehenden und verschwindenden Flocken noch viel lebhafter ist, und daß das Kupfer fast unmittelbar aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeht, wogegen das mit Oxydul überladene Kupfer zuerst in einen teigartig erweichten Zustand zu gerathen scheint, ehe es völlig erstarrt.

Probe der Hammergare.

Das Probenehmen erfolgt aber auf die Weise, daß der Arbeiter, nachdem er die Oberfläche des Metallbades in der Nähe der Arbeitsthür bis auf eine Länge von 3 bis 3½ Fuß von Schlacken und Holzkohlen befreit hat, mit einem kleinen, höchstens 1 Zoll weiten und ½ Zoll tiefen, mit Thon ausgestrichenen Löffel eine geringe Quantität Kupfer herausschöpft, es darin erstarren läßt, oder auf eine kalte eiserne Fläche ausschüttet, einen Meißel mitten durch die Probe bis auf den dritten Theil einhaut, dieselbe mit der einen Hälfte in den Schraubstock spannt und mit einem Hammer an das andere Ende schlägt, wo alsdann der frische Bruch längs der mit dem Meißel gemachten Vertiefung die jedesmalige Beschaffenheit des Kupfers erkennen läßt. Die zuerst weggenommenen Proben zeigen einen grobkörnigen, matten Bruch ohne allen Metallglanz und eine dunkelziegelrothe Farbe; in den folgenden Proben, die vorzüglich zuletzt von Minute zu Minute zu nehmen sind, da sich dann in sehr kurzer Zeit die Beschaffenheit des Kupfers ändert, wird aber das Korn immer feiner und feiner, ebenso die Farbe immer heller und heller, bis endlich bei immer fortgesetztem Eintauchen der Holzstangen und Bedeckthalten der Oberfläche mit Kohlen das Korn, wenn das Probestück bis auf ein Drittheil hinein durchschnitten und dann

zerbrochen wird, äußerst fein oder dicht wird, eine blaßrothe Farbe nebst metallischem Glanze und einen feinfaserigen Bruch mit Seidenglanz zeigt. Außerdem prüft man aber das Kupfer noch auf seine Hämmerbarkeit und nimmt zu diesem Zwecke eine zweite Probe mit dem Löffel heraus, die man in eine eiserne Form gießt und wenn sie darin erstarrt, aber noch rothglühend ist, ausschmiedet. Zeigt es sich unter dem Hammer vollkommen geschmeidig, sehnig, wie das Eisen, im Bruch, ganz homogen in Bezug auf Glanz und Farbe der gleichmäßig nebeneinander liegenden Sehnen, und entstehen hierbei keine Kantenrisse, so ist die Operation des Garmachens als beendet anzusehen.

Kennzeichen eines zu zeitig unterbrochenen Garens.

Unterbricht man aber diese Operation zu früh, so brauchen zwar Kantenrisse nicht allemal beim Ausstrecken der Probe in der Rothglühhitze zum Vorschein zu kommen, aber es fehlt dann dem Kupfer, in Folge seines Kupferoxydulgehaltes, die schöne hellrothe Farbe, das feine zackige Korn und der wahre Metallglanz, es nähert sich vielmehr mehr oder weniger den Eigenschaften des Rosetten-, d. h. eines übergaren Kupfers, zeigt geschmiedet nur einzelne sehnige Stellen, und es besitzt allemal in der gewöhnlichen Temperatur eine geringere Festigkeit und Zähigkeit, als das lange genug mit Holzstämmen behandelte Kupfer.

Kennzeichen eines zu lange fortgesetzten Garens.

Setzt man aber andererseits die Anwendung der Holzstangen zu lange fort, so verbindet sich sehr leicht ein sehr geringer Theil von Kohlenstoff mit dem Kupfer und das Kupfer wird in der Rothglühhitze spröder, als es zu Anfang des eigentlichen Garens war, obgleich es in der gewöhnlichen Temperatur einen so großen Grad von Festigkeit besitzen kann, daß man es für fehlerfrei halten könnte. Der Bruch eines solchen Kohlenkupfers zeigt gröbere und weniger zusammenhängende Fasern, im geschmiedeten Zustande aber noch gleichmäßige Nebeneinanderlagerung der Sehnen, viele kleine hohle Canäle oder rinnenförmige Vertiefungen mit hellgelber Oberfläche, so wie im Ganzen eine blasse, ins Gelbe übergehende Farbe. Seidenglanz ist nicht mehr wahrzunehmen, aber lebhaften Metallglanz behält ein solches Kupfer, ja auch die Oberfläche des flüssigen Kupfers ist so ungewöhnlich glänzend, daß sich

das Gezäh und die Mauerung des Ofengewölbes darin sehr scharf und deutlich abspiegelt, weil nämlich der im Kupfer enthaltene Kohlenstoff sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet und so das Metall vor der Oxydation schützt. Ist dieser Unfall eingetreten, so sieht man sich genöthigt, das Kupfer der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft auszusetzen, daher das Kohlenklein von der Oberfläche des Metallbades wegzunehmen und das Seitenthor des Ofens zu öffnen, womit aber nicht allein Zeit- und Kupferverluste verbunden sind, sondern auch die Beurtheilung des Zustandes völliger Reinheit des Kupfers sehr schwierig gemacht wird; außerdem verliert dieses gargemachte Kupfer immer etwas an Geschmeidigkeit und ist gleichsam entnervt, was wahrscheinlich daher kommen mag, daß die Temperatur des Kupfers für das eigentliche Garen durch die ganze Schmelzmasse hindurch schon zu niedrig geworden ist, oder das Kupfer sich nicht mehr selbst zu helfen vermag, so daß ein ganz gleichartiger Zustand desselben nicht mehr erzielt werden kann. Denn es scheint, als wenn beim erstmaligen Garen das Kupfer in Folge der Verbindung seines Sauerstoffs mit der Holzkohle von selbst immer hitziger würde, je näher es dem Zustande der Hammergare kommt, dagegen bedarf es beim zweiten Garen eines viel stärkeren Feuers, um es nur in hinreichend flüssigem Zustande zu erhalten, indem die Oxydation des Kupfers nur oberflächlich erfolgen kann. Uebrigens wird das Kupfer, je unreiner (an Arsen, Antimon, Zink, Blei) es an sich ist, in einem um so höheren Grade durch die geringsten Mengen Kohlenstoff verschlechtert und schon bei 0,02% Kohlenstoff lassen sich Schiefer und Kantenrisse wahrnehmen, welche selbst durch mäßiges, gleichförmiges Erhitzen nicht vermieden werden können.

Nach Erlangung völliger Reinheit und Hämmerbarkeit des Kupfers (gewöhnlich nach 24 bis 30 Stunden) wird sogleich die Oberfläche mit einer Krücke abgezogen und nach einem nochmaligen Aufgeben frischer Kohlen auf den Rost zum Ausschöpfen des Kupfers mittelst eiserner, mit Asche oder feinem Thone überzogener Kellen geschritten. Während dieser, oft 1½ Stunde anhaltenden

Manipulation nimmt man fortwährend Probe. Man bedient sich eiserner Formen, die je nach dem Gebrauche, z. B. behufs der Auswalzung von Blechen, 15 bis 18 Zoll Länge, 10 bis 12 Zoll Breite und 12 Zoll Höhe haben, ebenfalls mit ordinärer Asche oder Beinasche oder auch nur mit feingeschlemmtem Thone ausgestrichen sind und vollkommen trocken sein müssen, übrigens aber keiner besonderen Erwärmung bedürfen. In diese Formen gießt man eine solche Quantität des flüssigen Kupfers, daß die beabsichtigte Stärke von 3/4 Zoll bis 2 Zoll erlangt werden kann, läßt das Kupfer darauf erkalten und gießt dann eine gleiche zweite Quantität des flüssigen Kupfers darauf, die sich nicht mit der unteren Platte verbindet, so daß man mehrere Schichten von Kupferplatten in einer Form erhält, die sich alle nach völligem Erkalten leicht ablösen lassen. Zur schnelleren Ausführung dieser Manipulation, wobei übrigens ein Abstreichen der Oberfläche des Kupfers nicht stattfindet und auch nicht stattfinden kann, hat man aber mehrere solcher Formen neben einander stehen, so daß das Ausschöpfen ohne Aufenthalt erfolgen kann und das Kupfer in der ersten Form schon erkaltet, wenn in die letzte Form Kupfer eben gegossen worden ist. Zum Walzen von Stangen werden viereckige Stäbe ebenfalls in eisernen Formen und auch aufeinander gegossen. Nicht selten werden auch unmittelbar aus dem Ofen Schiffsnägel u. dergl. gegossen. Das Kupfer aber, welches zur Messingbereitung oder Rothgießerei angewendet wird, bedarf gar keiner Hammergare, sondern wird durch Gießen in kaltes Wasser sogleich nach dem Einschmelzen granulirt.

Ein Abstechen des hammergaren Kupfers, so einfach wie es auch erscheint, ist noch nicht gelungen und jedesmal an der Herstellung eines dichten und festen Verschlusses des Stichloches, an dem schnellen Erstarren des Kupfers selbst noch im Stiche und an der Unmöglichkeit einer vollkommenen Reinigung des Stichs nach dem Stechen, ohne daß man dem Heerde Schaden zufügt, gescheitert. Dagegen bei Kupfern, deren Beschaffenheit sich sehr der des Rosettenkupfers nähert, also vor der eigentlichen Hammergare, ist ein Abstechen mög-

lich, wenn auch immer noch sehr schwierig. Die Stichöffnung muß man daran möglichst klein machen und nach dem Stechen den Stich so schnell wie möglich von dem noch halbflüssigen Kupfer reinigen. Auch sieht man sich genöthigt, den Stich auch noch von Innen mit einem starken Thonbatzen zu verstopfen.

Von besonderer Wichtigkeit ist noch der Umstand, daß die Oberfläche des Metallbades gänzlich mit Holzkohlen bedeckt bleibe, auch noch während des Ausschöpfens, weil sonst das Kupfer wieder Sauerstoff aufnimmt und in der Gare zurückgeht, d. h. wieder übergar wird. Tritt dieser Fall ein, so muß das Metall von Neuem wieder mit Holzstangen umgerührt werden.

Zum Schlusse des ganzen Läuterungsprocesses kann nicht unterlassen werden, noch folgende sehr wichtige Bemerkung von Karsten (System der Metallurgie Bd. V. S. 359) anzuführen: Wenn das zum Garmachen bestimmte Rohkupfer den Rückhalt an fremdartigen Beimischungen, durch das mit einer Röstung (roasting) verbundene Einschmelzen gänzlich verloren hätte, also in dem übergaren Zustande, in welchem das Hammergarmachen beginnt, nichts weiter als Kupferoxydul enthielte, so würde das Verfahren beim Garmachen immer auf eine und dieselbe Weise stattfinden können. Allein die fremdartigen Beimischungen äußern auf eine sehr verschiedene Art ihren Einfluß auf die Festigkeit des Kupfers. Einige Kupferarten erlangen den höchsten Grad der Festigkeit, dessen sie fähig sind, wenn das Kupferoxydul noch nicht ganz zerstört ist; andere werden durch einen geringen Gehalt an Oxydul nicht verbessert, indem ihre Festigkeit in der erhöhten Temperatur dadurch nicht vermehrt, wohl aber die Festigkeit in der gewöhnlichen Temperatur noch mehr vermindert wird. Diese Arten von Kupfer sind zu gewissen Zwecken, bei welchen sie nur der Bearbeitung in der gewöhnlichen Temperatur unterworfen werden, sehr gut zu gebrauchen, obgleich sie unbrauchbar sind, wenn sie in erhöhter Temperatur behandelt werden müssen. Es wird daher eine genaue Kenntniß von dem Verhalten der verschiedenen Kupferarten erfordert, um ihnen beim

Hammergarmachen den Grad der Gare zu ertheilen, bei welchem sie, wenigstens zu gewissen Zwecken, die größte Festigkeit in einer bestimmten Temperatur erhalten. Ein nicht ganz reines Kupfer läßt sich, wenn alles Oxydul abgeschieden ist, nicht immer von dem reinen Kupfer, welches sich in demselben Zustande der Gare befindet, durch das äußere Ansehen auf der Bruchfläche unterscheiden, wenigstens kann es schon bedeutend an seiner Festigkeit gelitten haben, ohne daß sich die geringe Quantität des beigemischten Körpers durch das veränderte Ansehen auf der Bruchfläche zu erkennen giebt. Diese Kennzeichen fallen aber ganz weg, wenn das Kupfer nicht allein schon alles Oxydul vollständig verloren, sondern auch schon ein Minimum von Kohle aufgenommen hat. Deshalb ist es nöthig, die Haltbarkeit des Kupfers durch einen Probezain in der oben angegebenen Art zu untersuchen und sich nicht bloß auf das Aeußere zu verlassen. Durch das Bruchansehen kann bei geringen Quantitäten der das Kupfer verunreinigenden Substanzen, zuweilen eine vorzügliche Beschaffenheit des Kupfers angedeutet werden und dasselbe besitzt dennoch nur eine geringe Festigkeit. Man wendet in solchen Fällen wohl einen Zusatz von $1/4$ bis $1/2$ % Blei an, um die Verschlackung der fremdartigen Beimengungen zu befördern. Dieser Zusatz wird unmittelbar nach dem erfolgten Niederschmelzen des Kupfers gegeben (wobei ein starkes und heftiges Verspritzen von Kupfer einzutreten pflegt und man sich daher der Vorsicht halber von der Arbeitsthüre sogleich entfernen muß) und das flüssige Metall dann stark und wiederholt durchgerührt, um die vollständige Verschlackung des Bleies und der Oxyde derjenigen Metalle zu bewirken, welche dem Kupfer die Festigkeit rauben. Das Blei reducirt zugleich einen Theil des Kupferoxyduls, allein es wird eine sehr lange fortgesetzte Bearbeitung des flüssigen Metalls erfordert, um das Blei vollständig wieder zu entfernen. Es ist einleuchtend, daß dies nicht ohne einen großen Kupferverlust geschehen kann und daß das Kupfer durch diese Behandlung nicht minder wie durch ein lange fortgesetztes Zuströmen der Luft in den übergaren Zustand ge-

Bleizusatz.

setzt wird, so daß der Proceß des Schäumens (poling), nämlich die Reduction des Oxyduls durch Kohle, demnächst um so länger fortgesetzt werden muß. Man wendet den Bleizusatz nur an, um die Abscheidung der fremdartigen Beimischungen, welche durch die Einwirkung des Luftstroms langsamer und vielleicht mit einem noch größeren Kupferverlust erfolgen würde, zu beschleunigen. Außerdem ist es aber auch nothwendig, bei solchen Kupferarten, die beim Hammergarmachen nur sehr schwierig den zur weitern Verarbeitung erforderlichen Grad der Festigkeit erhalten, einen flacheren Schmelzheerd, also einen minder tiefen Sumpf, in welchem sich das Kupfer versammelt, anzuwenden. Zu den Metallen, welche sich vorzüglich hartnäckig erweisen, und sich sehr schwer ganz vollständig absondern lassen, gehören Zinn, Wismuth und Antimon. Die Ursache ist wahrscheinlich in der großen Verbindungsfähigkeit derselben mit dem Kupfer zu suchen. — Es giebt aber noch einen anderen Fall, in welchem man zu einem Zusatz von Blei seine Zuflucht nimmt. Dieser tritt bei einem ganz reinen Kupfer ein, welches sich, nach dem Ansehen und auch nach dem Verhalten der Probestäbe beim Ausschmieden unter dem Hammer, als ein ganz vorzügliches Kupfer zu erkennen giebt, aber dennoch unter den Hämmern und Walzen in keiner Temperatur bearbeitet werden kann. Ein solches Verhalten zeigt das Kupfer, wenn es in Oefen mit einem sehr niedrigen Gewölbe gar gemacht wird. Dies ist nämlich reines Kupfer, bei welchem der richtige Grad der Temperatur zum Ausgießen in die Formen nur sehr schwierig getroffen werden kann. Weil die Erfahrung gezeigt hat, daß ein sehr geringer Zusatz von Blei dem Kupfer die Eigenschaft benimmt, in den Formen, in welche es gegossen worden ist, zu steigen und dadurch zur Bearbeitung in allen Temperaturen unbrauchbar zu werden so ist man der Meinung gewesen, daß das Blei irgend einen fremdartigen Bestandtheil des Kupfers zerstöre oder daß es das Kupferoxydul reducire, dem man das Verhalten des Kupfers, in den Formen zu steigen, zugeschrieben hat. Aber abgesehen davon, daß die Kohle ein ungleich zweckmäßigeres

Mittel sein würde, das Kupferoxydul zu reduciren, ohne zugleich das Kupfer zu verunreinigen, habe ich auch schon dargethan, daß das Kupferoxydul gerade die entgegengesetzte Wirkung hervorbringt, daß es nämlich die Neigung des Kupfers, in den Formen zu steigen, vermindert und bei einem gewissen Verhältnisse sogar ganz aufhebt. Dagegen ist früher schon gezeigt, daß ein sehr geringer Bleigehalt (0,1 %) des Kupfers hinreichend ist, das Steigen desselben in den Formen zu verhindern. (Wahrscheinlich ist der Grund der, daß das selbst mit einem Minimum von Blei verunreinigte Kupfer in einer viel niederen Temperatur, welche zugleich die Oxydation und Verschlackung der fremdartigen Bestandtheile vielmehr begünstigt als eine hohe, in vollkommen flüssigem Zustande erhalten werden kann, es ist aber bekannt, daß das bei möglichst niederer Temperatur ausgekellte Kupfer nicht steigt. Sonach ist das Steigen nur eine Folge der zu hohen Temperatur, bei welcher das Kupfer ausgegossen worden ist, indem es nach dem Erkalten einen kleineren Raum einnimmt, als der ist, den es im geschmolzenen Zustande erfüllte, und das flüssige Kupfer durch die erstarrte Decke emporbringen muß, während das Kupfer selbst ein krystallinisches Gefüge annimmt und dadurch undicht wird.) Ferner mag aber auch bei einer sehr hohen Temperatur das Kupfer, ganz analog dem Silber, im Stande sein, die atmosphärische Luft zu zerlegen und eine dem Spratzen des Silbers ähnliche Erscheinung hervorzubringen; alsdann muß das Kupfer auch noch ganz frei von Kupferoxydul sein. Sehr häufig mögen aber die letzten Spuren von Schwefel die Ursache von dem kraterartigen Erheben über die erstarrte Oberfläche sein, und dieses Durchbrechen erfolgt, je nachdem durch zufällige Umstände hier oder dort die Erstarrung verlangsamt worden ist, sowohl auf der Oberfläche, als auch an den Seitenflächen, ja sogar an der Bodenfläche des Gußstücks; alsdann sind aber jedesmal in demselben Höhlungen und Blasenräume wahrzunehmen. Eng damit zusammenhängend ist auch die Erscheinung des Streu- oder Spritzkupfers, welche entsteht, wenn man die Oberfläche des bei einer sehr hohen Temperatur eingeschmolzenen Kupfers vollkommen entblößt und

der Erstarrung aussetzt. Denn ein von anderen Metallen vollkommen befreites, ja selbst hammergares Kupfer kann immer noch etwas Schwefel enthalten, welchen das Kupfer selbst noch im übergaren Zustande zurückzuhalten im Stande ist, und bloße Spuren von Schwefel vermögen schon diese Erscheinungen hervorzubringen, wiewohl bei der Verflüchtigung eines jeden, bei sehr hoher Temperatur flüchtigen Körpers auch dieselben Erscheinungen eintreten können. Immer bleibt aber ein Zusatz von Blei ein sehr wenig zu empfehlendes Mittel, dem Kupfer die Eigenschaft des Steigens zu benehmen, weil es dadurch zu den feinsten Arbeiten ganz unbrauchbar wird, obgleich es, bei einer vorsichtigen Behandlung und wenn nur ein sehr geringer Zusatz von Blei angewendet wird, zu den meisten Arbeiten in einem hohen Grade anwendbar sein und an seiner Festigkeit nur wenig eingebüßt haben kann. — Das Kupfer, welches nach erfolgtem Garmachen in den Formen gestiegen ist, muß wieder eingeschmolzen und dem Processe des Hammergarmachens abermals unterworfen werden und wenn man es nicht zusetzt, sondern für sich raffinirt, so wendet man einen kleinen Zusatz von Blei an, dessen man sich sogleich beim ersten Hammergarmachen bedient, wenn man von dem Verhalten des Kupfers unterrichtet ist. Nicht ganz reines Kupfer bedarf, wenigstens aus dem Grunde, um das Steigen in den Formen zu verhindern, niemals eines Bleizusatzes, weil die meisten das Kupfer verunreinigenden Substanzen dieselbe Wirkung wie das Blei, wenngleich vielleicht in einem geringern Grade, hervorbringen. Es ist somit durchaus nothwendig, das flüssige Metall bis zu einer gewissen Temperatur abkühlen zu lassen und es dann in Formen zu gießen, damit es schnell zur Erstarrung gelangt. Ist die richtige Temperatur beim Ausgießen des Kupfers nicht getroffen, so läßt sich das Ausdehnen oder eigentlich das Steigen beim Erstarren nicht verhindern, man mag das flüssige Metall sehr schnell erkalten lassen, oder die Erstarrung durch Erhitzung der Formen bis zum Glühen und durch ein sehr langsames Sinken der Temperatur aufs Aeußerste verzögern. Bei dem ganz reinen und vollkommen hammergaren

Kupfer die richtige Temperatur zu treffen, bei welcher es in die Formen gegossen werden muß, um nicht zu steigen und dadurch zur weiteren Bearbeitung unter Hämmern und Walzwerken ganz unbrauchbar zu werden, ist so schwierig und erfordert eine so genaue Kenntniß von dem Verhalten des Kupfers in der Schmelzhitze, daß man die zur Beurtheilung dieser Temperatur leitenden empirischen Kennzeichen als ein Geheimniß auf den Hüttenwerken betrachtet. Ein solches Geheimniß ist aber das, daß man auf eine herausgenommene Probe spuckt und zusieht, ob bei einer vollkommen horizontalen Haltung des Löffels der Speichel immer in der Mitte in Kugelform bleibt; findet dieses statt, so schreitet man zum Auskellen, jedoch kann dieses nur zum Anhalten dienen, wenn das Steigen von sich entbindender Säure herrührt. Das gewöhnliche Anhalten giebt eine Schöpfprobe mittelst einer kleinen Ausgießkelle. Läßt man nämlich das Kupfer im Löffel erstarren, so darf es nicht steigen. Ein anderes Anhalten ist auch ein gelassenes Treiben der mit rein meergrüner Farbe und mit ziemlicher Convexität auftretenden Oberfläche, wiewohl letztere Eigenschaft wegen der am Rande stehenden Schlacke selten sichtbar wird.

Der beim Raffiniren fallende Abzug und das Schlackenzeug wird zum Spuren mit zugeschlagen, wo noch Schwefel genug vorhanden ist, um das darin enthaltene Kupfer in den Spurstein überzuführen. Die Bodenplatten, d. h. die ersten in die oben und unten offenen Formen gegossenen Stücke, werden, wenn sie eine rauhe Oberfläche haben, zu dem nachfolgenden Raffiniren nachgesetzt.

Die Dauer des ganzen Raffinationsprocesses beträgt gewöhnlich 20 Stunden, und zwar braucht man 6 Stunden, bis das Kupfer nach einem vorausgegangenen Roasten anfängt einzuschmelzen, dann vier Stunden, um den Punkt zu erreichen, wo das eigentliche Garmachen beginnt, welches ungefähr 4 Stunden anhält, endlich noch 6 Stunden, um die Formen vorzurichten, das Kupfer auszuschöpfen und den Ofen so weit abkühlen zu lassen, daß ein auf eine herausgenommene Probe gebrachter Wassertropfen bei einer

vollkommen horizontalen Haltung des Löffels immer in der Mitte der Oberfläche des Kupfers bleibt.

Viertes Capitel.

Raffiniren des Cementsilbers.

Der durch die Behandlung mit Salzsäure, durch Auswaschen und Aussüßen fast ganz gereinigte Silberstaub wird mit der Hand oder noch zweckmäßiger mit einer hydraulischen Presse zu Batzen oder festen Stücken zusammengedrückt, welche dann in einer eisernen Retorte, wie sie zum Ausglühen des Amalgams benutzt wird, sehr scharf getrocknet, ja wo möglich geglüht und hierauf entweder in einem Graphittiegel in einem unter einer Esse befindlichen Windofen mit Holzkohle oder in einem Silberfeinbrennflammenofen raffinirt werden.

A Tiegelschmelzen.

Wählt man das Tiegelschmelzen, so verfährt man auf folgende Weise: Der auf einem Ofen etwas erwärmte Graphittiegel wird nach dem Füllen und behutsamen Eindrücken des geglühten Silberstaubes auf einen feuerfesten, vollkommen horizontal und fest liegenden Ziegel in die Mitte des Windofens eingesetzt, hierauf der um ihn herum befindliche leere Raum mit Holzkohlen von möglichst gleicher, aber mittelmäßiger Größe ausgefüllt, dann der Tiegel mit einem Blechdeckel bedeckt, darauf der ganze Ofenraum mit Holzkohlen ausgefüllt und auf diese Kohlen einige glühende Kohlen gelegt. Auf diese Weise kommt der Tiegel nach und nach in Hitze

und zwar von oben, was für die Erhaltung der Tiegel von Wichtigkeit ist. Nach einem zweimaligen Aufschütten von Holzkohle läßt man den Ofen bis zur Tiegelmündung niedergehen, schüttet rings herum zur theilweisen Dämpfung der Hitze Kohlenlösche auf und setzt in den Tiegel, in welchem nun schon der größte Theil des Silbers eingegangen und somit Raum frei geworden ist, Silberbatzen mit einem flachen Löffel so schnell als möglich nach, bedeckt alsdann wiederum den Tiegel, schüttet Kohlen darauf und fährt so fort, bis der Tiegel fast ganz mit geschmolzenem Silber angefüllt ist. Hierauf giebt man das stärkste Feuer, schöpft dann mittelst eines durchlöcherten Löffels, so daß das mit ausgeschöpfte Silber wieder in den Tiegel zurücklaufen kann, die Schlacke ab, bedeckt den jetzt blanken Metallspiegel mit trockenem, ausgesiebtem Kohlenstaub, setzt noch einige Batzen nach, bedeckt den Tiegel mit dem Blechdeckel und giebt wiederum sehr starkes Feuer, wobei man vorzüglich ein Hohlstehen des Ofens durch vorsichtiges Auflockern der Kohle und gleichförmige Stücken von Kohle vermeiden muß. Alsdann reinigt man nochmals den Metallspiegel von Schlacken, bedeckt ihn mit Kohlenstaub und stürzt das Blech so lange wieder auf den Tiegel, bis dieser Kohlenstaub glüht. Dann rührt man das Metall mit einem gekrümmten, heißen und mit Thon überstrichenen Haken gut durch einander, geht dabei bis auf den Boden nieder, löst zugleich alle an den Seitenwänden des Tiegels hängende Schlackentheilchen durch ein höchst vorsichtiges Auf- und Niederfahren mit dem Haken los und bringt sie so an die Oberfläche, wo sie sich mit Kohlenpulver vermengt leicht abschöpfen laßen. Hierauf wirft man wiederum Kohlenpulver auf das flüssige Metall und sucht so viel als möglich ein sehr heftiges Feuer hervorzubringen, damit das Metall ganz lauter und homogen wird, zugleich aber auch ins Treiben, d. h. in eine rotirende, aufwallende Bewegung, wobei alle im Silber enthaltenen Nebenbestandtheile, außer dem Kupfer, sich verschlacken, kommt. Die während des Treibens sich am Rande ansammelnde Schlacke wird entfernt und der Metallspiegel immer mit Holzkohlen-

staub bedeckt gehalten. Scheidet sich aber nur noch sehr wenig Schlacke ab, so bedeckt man wiederum den Tiegel mit dem Blechdeckel und mit Holzkohlen und schreitet nach dem Niederbrennen der letzteren bis zum Tiegel zum Nehmen der Probe. Die Probe besteht darin, daß man mit einem hochroth glühenden kleinen, aber ziemlich tiefen und mit Thon ausgestrichenen Löffel nach vorausgegangenem Umrühren eine geringe Menge des Metalls herausholt, in ein mit kaltem Wasser angefülltes Gefäß von Kupferblech unter einem steten Zerschlagen des Strahles mittelst eines Holzes gießt, die so erhaltenen Granalien auf ein heißes Probenblech ausbreitet und während eines öfteren Aufrüttelns der Granalien durch starke Erwärmung des Blechs, wobei jedoch ein starkes Anlaufen der Granalien noch nicht stattfinden darf, vom Wasser ganz befreit und dann in verdünnter Salpetersäure in der Wärme auflöst. Ist die Auflösung hell und setzt sich kein Rückstand daraus beim Stehenlassen ab, so kann das Ausschöpfen der Metallmasse in gußeiserne, halbkugelförmige, circa 50 Mark fassende Schalen, welche man vorher sehr dünn mit Pech ausgestrichen hat, erfolgen. Eine blaue Färbung zeigt den Kupfergehalt an, thut jedoch dem Silber keinen Eintrag weiter, wohl aber eine trübe, weißlich schmutzige, wohl gar ins Grünliche spielende Auflösung, die von einem Antimon- oder Eisengehalte herrührt, so wie gelbe Flocken, welche auf einen Gehalt von Schwefel deuten. In diesen letzten Fällen muß man das Treiben des Silbers entweder so lange fortsetzen, bis man eine helle, klare Auflösung erhält, oder wenn dies nicht zu erreichen ist, das Metall ausgießen und einem zweiten Einschmelzen nebst Raffiniren unterwerfen.

Probe.

Enthält das Silber sehr viel Kupfer, wie es wohl gewünscht werden kann, da man sehr selten chemisch reines Silber zu verarbeiten oder zu vermünzen pflegt, auch das Kupfer einen hitzigen Gang beim Raffiniren hervorbringt und so das Treiben des Silbers sehr befördert, so findet sich auch wohl ein Rückstand auf dem Boden des Kölbchens, der aber, wenn sonst die Lösung hell

und rein blau gefärbt ist, nur von theils an der Oberfläche der Granalien sich bildendem, theils in dem Kupfer selbst enthaltenem Kupferoxydul herrührt; ist aber die Lösung zugleich trübe, so besteht er aus Antimonoxyd-Kupferoxydul. Man erhält sonach ganz denselben Rückstand, wie er oft beim Auflösen von Amalgamationsraffinatsilber in verdünnter Salpetersäure zurückbleibt, welcher aber nicht, wie bisweilen angenommen worden ist, von Eisenoxyd, sondern von Kupferoxydul oder einer Verbindung desselben mit Antimonoxyd herrührt.

Ist das Metall in der Schale so weit erkaltet, daß es aus ihr herausgenommen werden kann, so stürzt man dieselbe um, bringt die herausgefallene Planche auf eine Art Ambos, ebnet hier mit einem breitgebahnten großen und dann mit einem kleinen Hammer die Planche und löscht sie durch Wasser vollends ab.

Das Schlackengekrätz glüht man stark zur Verbrennung der Kohle, beschickt es dann mit calcinirter Pottasche und etwas Salpeter und schmilzt es in hessischen Tiegeln unter einer Kochsalzdecke in einem Windofen ein. Die dadurch erhaltenen Metallkönige werden beim nächsten Silberschmelzen mit zugesetzt, der aber dabei fallende Stein wird extrahirt und die Schlacke sammt den Tiegeln zur Spurarbeit zurückgegeben.

B. Raffiniren im Flammenofen.

Das einfachste, aber auch zweckmäßigste Verfahren des Raffinirens von Cementsilber ist wohl das in Flammenöfen, und zwar um so mehr, je reiner das Silber und je aufmerksamer der Arbeiter ist. Einen Feinbrennflammenofen, wie er im Mansfeld'schen angewendet wird, zeigt die Taf. III im Horizontaldurchschnitt und im senkrechten Durchschnitt. Die Feuerung erfolgt hier durch Gas und zwar durch Holzkohlengas, welches durch den Canal *c* in den aufsteigenden Canal *d* abgeleitet wird und von da durch mehrere Oeffnungen *e*, *f* in den Mengungscanal *g* strömt. Die zur Ver-

brennung der Gase angewandte atmosphärische Luft tritt durch Canäle ein und steigt ebenfalls durch mehrere Züge in den Mengungscanal. Obgleich man selten so günstig gestellt sein wird, daß Holzkohle eins der billigsten Brennmaterialien ausmacht, so sah ich mich dennoch genöthigt, da bis jetzt kein Flammenofen, der mit Steinkohlenfeuerung versehen ist, in Anwendung für das Cementsilberraffiniren gekommen ist, den Mansfeld'schen Feinbrennflammenofen zum Anhalten zu nehmen. Uebrigens würde ein Feinbrennofen mit Steinkohlenfeuerung ganz mit den englischen Treibeöfen übereinstimmen, nur würde das Gebläse wegfallen, dafür aber eine Esse angebaut werden. Höchst zweckmäßig würde auch die Entleerung des Ofens anstatt durch Auskellen durch Abstechen mittelst eines unter einem rechten Winkel gebogenen Hakens in eine mit Rippen versehene, gußeiserne längliche Pfanne stattfinden können, wie in Poullaouen. Zu diesem Zwecke ist die Testmasse, die man von unten mit dem Haken durchstößt, in der Mitte ganz frei von den sie tragenden Stäben des Testringes. Da in einem längeren Canale das Feinsilber sehr schnell erstarren, also das reine Abstechen verhindern würde, so muß die Pfanne unmittelbar unter dem Teste sich befinden, und nur so viel Zwischenraum gelassen werden, daß man mit dem Stechhaken in die Pfanne untet dem Teste hinfahren und in der Mitte derselben ihn so drehen kann, daß er mit der Spitze in den Test dringt und bei einem kräftigen Schlag den Test im tiefsten Punkte durchbricht. Auf eine tiefe Lage des Rostes und auf eine nicht zu geringe Breite desselben hat man aber ebenfalls sein Augenmerk zu richten, da die Hervorbringung jeder Temperatur zu bestimmten Zeiten sehr viel zu dem Gelingen einer vollständigen Raffination beiträgt.

Die Herstellung des Testes erfolgt aus einem mit Wasser durchzogenen Gemenge von feingesiebtem, neuem Mergel und altem Mergel vom Treibeheerde. Alter Mergel wird deshalb dazu genommen, weil er die ganze Testmasse lockerer hält und die bis zum Ballen feuchte Masse eher wieder austrocknen läßt. Nachdem man

den Ziegelheerd oder den Teſtring ſammt den breiten Stäben mit etwas Mergelwaſſer ausgeſtrichen hat, füllt man den Heerd oder den Teſtring bis zu der gegebenen Höhe von 6—8″ mit der halbfeuchten Maſſe, indem man den Teſtring auf eine glatte, durch ſtarkes Benetzen mit Waſſer ſchlüpfrig gemachte oder ganz trocken gelaſſene und mit trockener Aſche überſtreute ebene Fläche ſtellt, reichlich aus, drückt ſie mit der Hand feſt und ſtampft ſie alsdann mit einem hölzernen Stößel, der auf der Bahn deshalb mit kleinen Klötzchen verſehen iſt, dicht zuſammen. Hierauf kugelt man mit einer circa 15 Pfd. ſchweren Meſſingkugel den Rand rings herum glatt und feſt, ſchneidet mit einem krummen Spurmeſſer den mittleren Theil des Teſtes bis auf ungefähr 1½ Zoll in der Mitte im tiefſten Punkte und bis auf 3 Zoll am Rande aus, ſtreicht mit einem Pinſel, ähnlich wie man ſie zum Stubenweißen benutzt, alle losgelöſten Theile hinaus, kugelt wieder mit der 15 Pfd. ſchweren Kugel das Innere eben und feſt zuſammen, dann aber mit einer nur 6 Pfd. ſchweren Meſſingkugel, die man immer im Schwunge dabei erhalten muß, vorzüglich den Rand glatt. Einen ſo vorgerichteten Teſt ſetzt man auf einen warmen Ofen zum Austrocknen der Feuchtigkeit, bis man ihn verwendet; man macht wohl aber auch vorher unten am Teſte eine geringe Vertiefung, um beim Abſtechen ſicher den der tiefſten Stelle im Teſte correſpondirenden Punkt mit dem Stecheiſen zu finden.

In den ſo vorgerichteten, vollkommen trockenen, nicht ſelten auch ſtark abgewärmten und mit Vortheil im Ofen ſelbſt zum Rothglühen gebrachten Teſt ſetzt man die Silberbatzen über einander ein, deckt noch Holzkohlenkläre darauf, verſchließt alle Thüren hermetiſch und ſteigert nach und nach die Temperatur bis zur Weißglühhitze und fährt damit fort, bis alles Silber eingeſchmolzen iſt. Iſt dies erfolgt und ſetzt man nicht mehr nach, ſo zieht man die Schlacke ab, rührt das Ganze mit einem glühenden Rühreiſen um und reinigt die Oberfläche des nun treibenden Silbers vorzüglich am Rande von etwa wieder entſtandener Schlacke und von Holzkohlen mit

einem starken Holzspahne. Kocht das Silber nach dem Einschmelzen, d. h. wirft es Silberperlen an dem der Feuerung entgegengesetzten Rande in die Höhe und zeigen sich Silberperlen im Fuchse, so muß man sogleich wieder Holzkohlen aufs Silber schütten und durch ein gutes Umrühren unter Zutritt von atmosphärischer Luft die Temperatur so weit erniedrigen, bis diese Erscheinung aufhört. Denn schon bei anfangender Weißglühhitze verdunstet das Silber selbst in einem offenen Tiegel und verliert dabei jede Stunde circa 1%, noch viel mehr also in einem Zugflammenofen, wo der durch den Rost einströmende starke Luftzug die Verdunstung noch viel mehr befördert und das Silber sich erst an einem kühleren Orte, z. B. im Fuchse, und zwar zu einzelnen Perlen, wieder absetzen läßt. Weniger findet diese Erscheinung statt bei einer Holzkohlengasfeuerung, wo der Zug durch die höhere Kohlensäule, ohne der Hervorbringung des höchsten Hitzgrades zu schaden, moderirt und bei einer vollkommenen Mengung der Gase mit der Verbrennungsluft unzersetzte atmosphärische nur nach Belieben in den Ofen eintritt. Denn das zu stark erhitzte Silber wird auf der Oberfläche durch den Luftstrom in Silberoxyd zersetzt, welches durch den heftigen Zug mit fortgerissen und dann im Fuchse nach einer vollkommeneren Mengung der Gase mit der Luft wieder reducirt wird, da ja schon Silberoxyd durch bloßes Glühen unter Entwickelung von Sauerstoffgas in metallisches Silber verwandelt wird. Bedeckt man aber die Oberfläche mit Holzkohlenstaub, so kann diese Einwirkung der Luft nicht stattfinden, eben so wird auch das Verdampfen des Silbers dadurch sofort vermieden oder wenigstens sehr verringert, das anderer bei hoher Temperatur flüchtiger und das Silber verunreinigender Metalle aber befördert. Je unreiner aber ein Silber ist, d. h. je mehr es mit anderen Substanzen, die sich leicht oxydiren und verflüchtigen, wie z. B. Arsen, Antimon, Blei, vermengt ist, um so mehr wird auch die Oxydation und Verflüchtigung des Silbers veranlaßt und desto länger muß man die Kohlenschicht oder auch Sägespähneschicht auf dem Silber beibehalten, zumal da trotzdem

viele Substanzen, wie z. B. das Blei, bei sonst hinreichendem Luftzutritt und nicht zu hoher Temperatur, sich oxydiren und von dem Teste eingesogen werden.

Eine Hauptregel ist für das Silberraffiniren, daß man das Silber unter einer Decke von Holzkohlenstaub oder Sägespähnen so rasch wie möglich, also bei der größtmöglichen Temperatur einschmilzt, dann die Kohlendecke so lange darüber läßt, bis das Dampfen des Silbers etwas aufgehört hat, diese dann entfernt und so kühl wie möglich treibt. So lange die auf der Oberfläche des eingeschmolzenen Silbers herumschwimmenden aus Bleioxyd und Kupferoxydul bestehenden Flocken, die das Silber aus der Mitte auszustoßen scheint, mit mittlerer Geschwindigkeit an den Testrand sich begeben, von diesem aufgenommen werden und das Silber mit einer ziemlich convexen Wölbung im Teste steht, so ist die Temperatur gerade recht, d. h. das Treiben geht gut. Nimmt aber das Silber mehr eine zitternde Bewegung an, hängt sich an einen kalten Eisenstab bei einem schnellen Berühren kein Silber an und zeigen sich viele Perlen von Silber am Testrande, so ist die Temperatur viel zu hoch. Ziehen sich dagegen die aus den oxydirten Bleimischungen bestehenden Flocken zu langsam nach dem Testrande hin oder setzt sich gar am Rande eine dünne Schicht von erstarrtem Silber an, so ist es die höchste Zeit, das Feuer zu verstärken, wo man nicht gar genöthigt wird, glühende Holzkohlen auf die Oberfläche zu werfen und Alles hermetisch zu verschließen. Uebrigens rührt man zur Beförderung des Oxydirens der fremdartigen, noch mitten im Metalle vorhandenen Bestandtheile von Zeit zu Zeit das Silber mit einem rothglühenden gekrümmten Eisenstabe, dem Rühreisen, um, indem das Silber im untersten Theile nicht in so großer Bewegung ist, als in der Nähe der Oberfläche.

Bleizusatz.

Sollte das Einschmelzen sehr schwer erfolgen, so ist man oft genöthigt, noch sehr geringe Quantitäten Blei zuzusetzen und zwar höchstens 6 Pfd. auf 100 Pfd. Silber, dagegen setzt man zu einem Silber, welches leicht erstarrt und zu langsam treibt, oft etwas

Kupfer zu, wodurch, wie schon oben erwähnt worden ist, das Treiben viel hitziger wird. Kupferzusatz.

Hat endlich das Silber eine darüber gehaltene Gegenstände abspiegelnde Oberfläche erhalten, was manchmal bei sehr reinem Cementsilber sogleich nach dem Einschmelzen erfolgt, so nimmt man Probe, die darin besteht, daß man mit einem kalten, unter einem rechten Winkel gebogenen spitzen Eisenstab nur ½ Zoll ins Silber eintaucht oder vielmehr nur eintupft, wo sich sogleich wegen der dadurch bewirkten Abkühlung Silber, wenn es nicht zu heiß ist, ansetzt. Wiederholt man diese Operation öfters, so nimmt das daran hängenbleibende Silber endlich eine Birnform an; zeigt sich auf dieser nach dem Erkalten kein Fleck von Glätte oder Kupferoxyd mehr, und läuft nach einem nochmaligen Eintauchen ins Silber das Silber gleichsam wie ein Schatten daran herunter oder tropft es sogar von der Probe ab oder zeigt wenigstens ein Bestreben dazu, so kann man von der Reinheit des Silbers überzeugt sein; denn ein noch unreines Silber läßt diese Erscheinungen nicht wahrnehmen, da die sich sogleich an der Oberfläche bildenden Oxyde der fremden Bestandtheile an der Luft sofort erstarren und das Herunterlaufen der höchst dünn über der Probe ausgebreiteten Silberschicht verhindern oder hemmen und sonach auch ein Herabtropfen nicht erfolgen kann. Feinprobe.

Zeigt diese Probe die Reinheit des Silbers an, so verstärkt man das Feuer oder wirft glühende Kohlen auf's Silber und sticht mit dem rothglühenden Stecheisen von unten in die Mitte des Testes, entfernt dann sofort das Stecheisen und läßt das flüssige Silber in die darunter befindliche Form laufen. Nach dem Erkalten des Silbers stürzt man die Form um, durchschrötert an der Stelle, wo die in der Form befindlichen Rippen Vertiefungen in das Silber abgedrückt haben, das Silber, schlägt es mit einem großen Fäustel glatt und raspelt die Oberfläche mit Bürsten von feinem Eisendraht gut ab.

Die dabei fallenden Silberspähne, ferner die Silberkörner und die aus dem Teste herausgegrabenen Silberwurzeln kommen zum nächstmaligen Silberraffiniren; die Testmasse, welche fest und von Bleioxyd oder Kupferoxyd vollgesogen ist, wird zur Bleiarbeit oder zum Spuren zurückgegeben, die noch lockere Testmasse dagegen zur neuen Testmasse.

Zweiter Abschnitt.

Extraction des Schwarzkupfers.

Abtheilung I.

Vorbereitende Arbeiten.

Erstes Capitel.

Zerkleinern des Schwarzkupfers.

Die mechanische Vorbereitung bis zum feinsten Mehle ist mit viel mehr Schwierigkeiten verbunden, als die des Kupfersteins, ist aber ganz ähnlich der für die Amalgamation, wie auch der Röstproceß fast ganz derselbe ist, wie für die Amalgamation. Deshalb wird hierzu, wie zu allen nun folgenden Processen, ein Zugrundelegen der über Productenamalgamation schon vorhandenen Beschreibungen, als: Winkler's Amalgamation, Wehrle's Probir- und Hüttenkunde, Karsten's Metallurgie und Bergmannsfreund, Bd. 6, unter Hinzufügung aller Abweichungen hier mehr an seiner Stelle sein, als eine eigenthümliche Beschreibung, zumal da die Schwarzkupferextraction und die der übrigen nun folgenden Hüttenproducte sich einer Einführung als currenter Betrieb noch nicht zu erfreuen gehabt hat.

Das granulirte oder in Scheiben gerissene und noch im heißen Zustande mit dem Fäustel zerschlagene Schwarzkupfer wird in einem einfachen kleinen Zugflammenofen mit hohem Gewölbe, sehr tief niedergezogenem Fuchse (um die Gluth ganz gleichförmig zu vertheilen) und mit einem aus gußeisernen Platten hergestellten Heerde bis bei-

nahe zum Schmelzen geglüht, dann herausgerissen und unter einem Pochwerke mit eiserner glatter Pochsohle und eisernen Stempeln gepocht. Das Pochmehl wird durchgeworfen, gesiebt und dann gemahlen, die Gröbe dagegen aufs Neue geglüht und gepocht und so fortgefahren, bis Alles in Mehl verwandelt ist.

Sehr bleireiche Schwarzkupfer lassen allerdings diese Operation nicht zu, müssen daher vorher zur Verschlackung des Bleies einem Roasten und dann einem Niederschmelzen mit 1 — 2 % Kupferkies oder 4 % Kupferstein und Rohschlacken in einem Zugflammenofen unterworfen werden. Schwarzkupfer aber, die nur wenig Blei enthalten und sich zum feinsten Mehle zerpochen und mahlen lassen, werden, so wie die vollkommen von Blei freien und zu Mehl verwandelten Schwarzkupfer, sogleich dem Röstprocesse unterworfen.

Zweites Capitel.

Beschicken.

Das Schwarzkupfermehl wird mit 8 bis 10 % Salz, oder auch, bei einem 5 % übersteigenden Bleigehalte, mit 12 % Salz und 3 bis 4 % Kupferkies beschickt. Nicht selten ist man aber auch selbst zu einem bleifreien, aber sehr antimonhaltigen Schwarzkupfer eine Quantität Kupferstein zuzuschlagen genöthigt. Die schichtenweise aufgelaufene Beschickung wird nun durch ein verticales Abstechen und durch Sieben sorgfältig gemengt, oder es wird jeder Röstpost (= 4 Ctr.) einzeln die nöthige Quantität von Salz und Zuschlag zuertheilt, um das Verstäuben zu vermeiden.

Kies wird deshalb zugesetzt, um das Schwefelblei oder das metallische Blei in schwefelsaures Bleioxyd zu verwandeln, und somit das darin eingehüllte oder aufgelöste Silber der Einwirkung von Chlor zugänglich zu machen, d. h. aufzuschließen.

Abtheilung II.

Hauptarbeiten.

Erstes Capitel.

Rösten.

Der ganze Röstproceß, welcher ebenfalls mit Vortheil in einem Doppelröstofen vorgenommen wird, wird eingetheilt in die

Anfeuerungsperiode,
Abschwefelungsperiode und
Garröstungsperiode.

Anfeuerungsperiode.

In der ersten Periode, der Anfeuerungsperiode, die eine Stunde dauert, muß der Ofen eine mittlere Rothglühhitze haben, so daß hineingeworfenes Kochsalz sofort decrepitirt, aber bei einem guten Durchkrählen und sorgfältigen Klopfen sich nur eine sehr geringe Sinterung des Mehles bildet.

Abschwefelungsperiode.

Die zweite Periode, die Abschwefelungsperiode, tritt ein, wenn der Krähl in der aus allen Ecken in die Mitte des Heerdes zusammengezogenen Partie keine schwarze, sondern nur rothglühende Streifen hinterläßt. Diese zweite Periode, während welcher auch das Durchkrählen und Umschaufeln unausgesetzt fortgeführt werden muß, wird mit Feuer begonnen, und bei sehr niedriger Temperatur, wozu man das Feuer ganz abgehen läßt, fortgesetzt. Nach einem 2½stündigen Abschwefeln wird die Post vom oberen Heerde in den unteren gelassen, und in circa 4 Stunden ist auch diese Pe-

riode so weit beendet, daß das Garrösten folgen könnte, wenn gar keine Röstgröbe sich gebildet hätte; deshalb muß man vorher bei bleihaltigem Schwefelkupfer das Mehl durch feine Cylindersiebe, bei bleifreiem Schwarzkupfer aber durch einen Rätter mit 25 bis 30 Oeffnungen auf den Quadratzoll von der Gröbe trennen, die Kläre mahlen, die Gröbe dagegen mit den Schalen, die sich auf dem Röstheerde auflegen, zerstampfen und dem nächsten Vorrösten mit zutheilen. Vortheilhaft hierzu sind Cylindersiebe, deren oberer Theil aus Seidengaze besteht, indem man so aus dem vorgerösteten Schwarzkupfer das schon darin befindliche Mehl dem Mahlen entzieht.

Sieben.

Garrösten.

Die dritte Periode, das Garrösten, dauert ein kleines Stündchen, während dessen ununterbrochen geheizt und der Ofen in lebhafte Rothglühhitze versetzt wird. Das Mehl wird auf dem Heerde von allen Winkeln sorgfältig zusammengeschaufelt und gewendet, alsdann der weiteren Feuerung Einhalt gethan, die Post noch eine kurze Zeit durchgekrählt und zuletzt aus dem Ofen in einen unter die Arbeitsöffnung gestoßenen Blechkarren zum weitern Transport in die Laugfässer gebracht.

Röstprobe.

Eine gutgeröstete Post muß aus einem feinen, weich anzufühlenden, durchgängig schwarzen Staub bestehen, der weder rothe Adern noch metallisch glänzende Theilchen beim Anreiben in einem Mörser zeigen darf. Ebenso muß der Garrost eine vollkommen schwarze Farbe zeigen. Ferner ist die Gewichtszunahme des Rostes zu berücksichtigen. Ist die Gewichtszunahme unter 30 %, so erhält man ein röthlich schwarzes aber nicht metallisch glänzendes Pulver, welches allemal eine zu starke Feuerung andeutet, indem das schwarze Kupferoxyd zu Oxydul reducirt wurde. Ist dieses geschehen, so muß man es oft nach dem Garrösten noch einmal mahlen und noch einmal einem einstündigen Garrösten unterwerfen, bevor man es in die Fässer bringt.

Verfahren bei einer zu stark erfolgten Feuerung.

Theorie.

Während der Abschwefelungsperiode werden die Metalle oxydirt und der Schwefel, das Arsenik und Antimon verwandeln sich unter Verflüchtigung von schwefliger und arseniger Säure so wie

des Antimonoxyds, ohne das Kochsalz bei dieser niederen Temperatur zu zersetzen, in Säuren, die sich mit den Metalloxyden zu Salzen verbinden. Diese Salze sind aber in zu geringer Menge vorhanden, als daß alles Silber, welches meistens als metallisches Silber im Schwarzkupfer enthalten ist, durch ihre alleinige Einwirkung auf das Kochsalz in Chlorsilber verwandelt werden könnte, zumal da noch während des Garröstens der größte Theil des Schwefels, Arseniks und Antimons sich verflüchtigt. Der Zuschlag von Kies oder anderen Schwefelverbindungen wird aber auch, um die Chlorkupferbildung zu vermeiden, nur in möglichst geringen Mengen und nur bei einem hohen Bleigehalte angewendet, weil das Blei das meiste Silber enthält und schwer ohne Kies aufzuschließen ist, durch den Kies aber in schwefelsaures Bleioxyd verwandelt wird und zwar um so vollständiger, je niedriger die Temperatur während des Vorröstens gehalten wird. Man würde daher gar nicht Schwarzkupfer extrahiren können, wenn das Silber nicht die Eigenschaft besäße, für sich allein das Kochsalz bei einer hohen Temperatur zu zerlegen und sich in Chlorsilber zu verwandeln, weshalb man auch beim Garrösten eine lebhafte Rothglühhitze anzuwenden pflegt. Ebenso zerlegt aber auch, wenn auch erst bei einer noch etwas höheren Temperatur, metallisches Kupfer und Kupferoxydul das Kochsalz, Kupferoxyd dagegen nur bei einer sehr hohen Temperatur. Könnte man daher das Vorrösten so betreiben, daß alles Kupfer in Kupferoxyd verwandelt würde, so würde man das ganze Kupfer in den Rückständen behalten und kein Chlorkupfer auslaugen, jedoch bildet sich schon Chlorkupfer in der Anfeuerungsperiode durch die Einwirkung des metallischen Kupfers und des Kupferoxyduls auf's Kochsalz und in der Abschwefelungsperiode um so mehr, je länger man während derselben eine hohe Temperatur beibehält. Da nun die Gegenwart von Chlorkupfer zur Chlorsilberbildung nicht nöthig ist, wie wir eben gesehen haben, sondern das Chlorkupfer nur schadet, so muß man seine Entstehung so viel als möglich durch eine möglichst niedrige Temperatur während des Abschwefelns sowie durch eine vollkommen vollendete

Kupferoxyderzeugung vor dem Garrösten vermeiden, wiewohl allerdings durch die Garrösthitze und den Luftzutritt ein Theil des Chlorkupfers wieder in Kupferoxyd zersetzt wird.

Zweites Capitel.

Laugen.

Das Laugen erleidet keine Veränderung gegen das des Kupfersteins, bietet aber nicht so viele Schwierigkeiten dar. Ein Zusatz von Salz, wenn nöthig auch von Salzsäure, zu dem ins Laugfaß eingesetzten Erze, ist ebenfalls nicht zu umgehen.

Abtheilung III.

Nacharbeiten.

Die Rückstände werden, wenn genug Lech bei ihrer Verschmelzung fällt, für sich geknetet und in einem Schachtofen zu Schwarzkupfer verschmolzen, bei Ermangelung von Lech aber mit etwas silberleerem Kies und Kohlenstaub zu Batzen geformt. Bei sehr antimonhaltigen Schwarzkupfern dient der Kieszuschlag zugleich zur Reinigung des Kupfers, da trotz des Röstens mit Kochsalz und der Verflüchtigung der nach dem Vorrösten noch zurückgebliebenen Antimonverbindungen als Antimonchlorid das Antimon sehr selten vollständig entfernt werden kann. Außerdem tritt er auch als ein ausgezeichnetes Reductionsmittel für das Kupferoxyd auf.

Dritter Abschnitt.

Extraction des Rohsteins.

Die Extraction des wo möglich im Flammenofen oder im Schachtofen concentrirten Rohsteins, die übrigens sehr selten in Anwendung kommen kann, weicht fast gar nicht von der Extraction eines unreinen Kupfersteins ab. Es wird nämlich der auf dieselbe Weise als der Kupferstein zu Staub gepochte Rohstein ohne alle Zuschläge bei einer sehr gelinden Temperatur im oberen Heerde eines Doppelröstofens 3 bis 4 Stunden lang unter fortwährendem Pochen und Krählen vorgeröstet, dann aber im unteren Heerde einer höheren Temperatur zur Zerstörung der beim Vorrösten in Unmasse gebildeten Metallsalze ausgesetzt, bis sich beim allmähligen Uebergießen einer Probe mit heißem Wasser gar keine Färbung zeigt und Kochsalz einen sehr reichlichen Niederschlag von Chlorsilber hervorbringt Hierauf setzt man ebenfalls wie beim Kupferstein das Kochsalz untermengt mit vollständig todtgeröstetem Rohsteinmehl sogleich zu und röstet ½ Stunde gar oder siebt, wie bei einem unreinen Kupfersteine, die Gröbe ab, beschickt das Siebfeine mit 3 bis 6% Salz, je nachdem der Stein mehr oder weniger Blei oder Zink oder Antimon enthält, und unterwirft es einem ein- bis zweistündigen Garrösten, das Siebgrobe aber mahlt man, röstet es noch 2 Stunden vor und fügt das mit todtgeröstetem Steine gemengte Salz (4 bis 6%) zu. Das Laugen erfolgt auf dieselbe Weise wie beim Kupfersteine.

Vierter Abschnitt.

Extraction der Speise.

Abtheilung I.

Vorarbeiten.

Erstes Capitel.

Concentriren der Speise.

Ein besonderes Concentriren der Speise ist gewiß nur von Vortheil bei Speisen, die noch nicht 10% Nickel und Kobalt, dabei aber viel Blei und Kupfer enthalten, wie z. B. bei allen Speisen, die bei der Bleiarbeit gefallen sind. Diese Speisen werden unter einem Pochwerke so fein wie möglich zerkleinert, in einem Flammenröstofen mehrere Stunden lang (8 bis 10 Stunden), zuletzt unter Zuschlag von Holzkohlenklåre oder Sägespänen, bei dunkler Rothglühhitze geröstet, bis die Probe nach dem Absieben des feinsten Mehles in dem gröberen Korne im Innern keine metallische Speisen beim Aufreiben erkennen läßt, alsdann mit höchstens 1% Kalk oder entsprechender Kalkmilch eingesümpft, oder mit 3% Thon angeknetet und entweder mit 5 bis 10% Arsenikkies und 2 bis 3% Schwefelkies (bei sehr armer Speise), oder mit roher ziemlich bleifreier, an Nickel und Kobalt reicher, aber noch zu viel Kupfer enthaltender Speise und 1 bis 2% Glaubersalz (weniger gern 4 bis 6% Schwefelkies) in einem Schachtofen mit ⅔ Rohschlacke und ⅓ Bleischlacke

verschmolzen. Durch den Zuschlag von Glaubersalz (weniger gern von Schwefelkies) entzieht man der Speise zugleich einen großen Theil des Kupfers, indem es in Berührung mit dem Brennmaterial zu Schwefelnatrium (einfach schwefligem) reducirt wird und mit dem Kupferoxyd und dessen Salzen Schwefelkupfer bildet, man daher im Stichheerde zu unterst Werkblei, darüber die raffinirte Speise und darüber endlich einen kupferreichen, das meiste Silber enthaltenden Stein erhält. Eben dasselbe erreicht man durch einen Zuschlag von Schwerspath, der in Berührung mit dem Brennmaterial Schwefelbaryum und dieses mit Kupferoxyd Schwefelkupfer bildet, sich selbst aber oxydirt und in die Schlacke übergeht. Die Bleischlacke bewirkt den zu dieser Arbeit höchst nothwendigen lauteren Gang und scheint die Ausscheidung des Bleies sehr zu befördern, die Verschlackung des Kobalts dagegen sehr zu verhindern. Der in dem Thone enthaltene Quarz bewirkt nebst der in der Rohschlacke enthaltenen Kieselerde die Verschlackung der Eisenoxyde. Ein Sieben vor der Form oder einen Rohgang hat man aber auf's Sorgfältigste zu vermeiden, indem dadurch die Concentration verhindert wird. Beabsichtigt man aber keine Scheidung des Kupfers und Silbers, sondern nur eine Concentration der Speise, so wendet man mit größerem Vortheil einen dem Roasten des Kupfers ähnlichen Flammenofenproceß an.

Zweites Capitel.

Zerkleinern.

Die so erhaltene raffinirte Speise wird unter einem Pochwerke so fein wie möglich gepocht und mit denselben Siebvorrichtungen, welche zur Kupfersteinextraction angewendet werden, abgesiebt; ebenso wird auch die Siebgröbe gemahlen.

Abtheilung II.

Hauptarbeiten.

Erstes Capitel.

Rösten.

A. Vorrösten.

Das Vorrösten geschieht entweder in einem Doppelröstofen oder in einem einfachen Ofen, dessen Feuerraum unter dem Röstheerde hinläuft, wie bei den Arsenöfen.

Nach dem Anfeuern der 3 Centner starken Post läßt man die Feuerung niedergehen und verstärkt sie noch 1 — 2 Stunden lang nur dann erst wieder nach und nach, wenn die während des Vorröstens sich in sehr großer Menge entwickelnden Arsendämpfe, welche in Condensatoren aufgefangen werden, ziemlich nachlassen.

Ist der Hauptzweck des Vorröstens, der Speise jeden Rest von Metallität zu benehmen, erreicht (was man dadurch erkennt, daß man eine kleine, aber immer gleiche Quantität Röstpulver durch ein feines Drahtsieb vom Mehle, die zurückbleibende Gröbe aber durch loses Drücken von der lockeren oxydirten Umhüllung befreit und zusieht, ob die zurückbleibenden Kerne beim Aufreiben nur noch wenig rohe Speise enthalten), so siebt man die Röstmasse durch ein mit Seidengaze überzogenes Cylindersieb ab, die Siebgröbe schrotet man aber auf einer gewöhnlichen Mühle mit so weit gestellten Steinen, daß nur die das gröbere Korn umhüllenden Oxyde von den noch reguli=

nische Speise enthaltenden Kernen getrennt und diese Kerne als Schrot, der nach der Verminderung der Dampfentwicklung wieder zum Vorrösten zurückgegeben wird, abgesondert werden.

B. Rösten mit Eisenvitriol.

Zur Verwandlung des im vorgerösteten, nun specifisch leicht und wollig gewordenen Mehle wahrscheinlich im metallischen und geschwefelten Zustande vorhandenen Silbers in schwefelsaures Silberoxyd, so wie der schwer durch Hitze zersetzbaren, arseniksauren Metalloxydsalze in leicht zersetzbare schwefelsaure Salze, endlich aber auch, um nicht die Chlorsilberbildung bei einer sehr starken und anhaltenden Feuerung vor sich gehen lassen zu müssen, vermengt man die 4 Ctr. Garröstpost noch mit 3 bis 4 Proc. calcinirtem Eisenvitriol und unterwirft sie einem 3- bis 4stündigen Rösten bei lebhaftem Feuer, bis die stark auflaufende Post sich wieder gesetzt hat, hierauf aber einem nochmaligen Absieben durch Seidengaze und einem Schroten auf der Mühle. Die hiebei fallende sehr feste Röst- und Siebgröbe kommt unter ein Pochwerk und dann zu diesem Rösten mit Eisenvitriol zurück.

C. Garrösten.

Das nun höchst feine und specifisch sehr leichte Mehl wird mit 6 bis 8% Salz, je nachdem das Vorrösten von statten gegangen ist, beschickt und in Posten von 4½ Centner bis 5 Ctr. einem so starken Garröstfeuer, als nur der Ofen herzugeben vermag, 2 bis 3 Stunden lang unterworfen, worauf es sogleich in die Laugfässer eingesetzt wird.

Ist die Post nicht gut vorgeröstet, so fällt der Chlorgeruch gar nicht auf.

Die Röstung ganz so zu führen, wie zur Amalgamation der Speise, ist wohl möglich und giebt dieselben Resultate, ist aber nicht

so vortheilhaft, indem man dann nach dem Garrösten und dem zweiten Sieben und Mahlen noch ein Anglühen des schon gargerösteten Mehles nöthig hat, worauf noch 1 bis 1½ Stunden zu verwenden sind. Außerdem setzt man sich bei dem oben angegebenen Verfahren nicht so sehr der Verflüchtigung von Chlorsilber aus, weil das Garrösten mit Salz, welches doch bei der höchsten, vom Ofen nur hergegebenen Temperatur erfolgen muß, nicht so lange anhält, als bei dem Amalgamationsröstverfahren; auch wird dabei weniger Kobalt und Nickel in die Lauge übergeführt, weil das in Folge gegenseitiger Zersetzung mit Eisenvitriol sich bildende schwefelsaure Kobalt- und Nickeloxydul zum Theil schon wieder zersetzt wird, ehe es mit dem Kochsalze zusammenkommt. Bemerkenswerth ist es übrigens, daß das schwefelsaure Eisenoxydul das arsensaure Kobaltoxydul eher in Kobaltvitriol umändert, als das arsensaure Nickeloxydul, dafür aber auch wieder durch sehr starke Hitze eher zersetzt wird, woher nur dann verhältnißmäßig mehr Kobalt als Nickel in die Lauge gelangen kann, wenn die Röstung mit Eisenvitriol nicht lange genug, oder bei einer zu geringen Temperatur vorgenommen worden ist.

Den Zusatz von Eisenvitriol wegzulassen, welcher zur Auflösung von Nickel und Kobalt unter Umständen Veranlassung geben kann, ist allerdings möglich, wenn man das Garrösten bis auf mehrere Stunden verlängert, die Post einer ungemein hohen constant bleibenden Temperatur aussetzt, und somit das Kochsalz durch das metallische Silber selbst zerlegen läßt; doch ist dabei ein zu hoher Silberverlust wahrzunehmen. Durch Arsensäure erfolgt allerdings auch die Zersetzung des Kochsalzes, aber in dem Garroste befindet sich die Arsensäure an Metalloxyde gebunden, und durch arsensaure Metalloxyde wird das Kochsalz fast eben so schwer zerlegt, als durch schwefelsaures Bleioxyd, ausgenommen, wenn man Wasserdämpfe darüber streichen und so sich Chlorwasserstoffsäure bilden läßt, da ja Salzsäure, welche Substanzen enthält, die ihren Sauerstoff leicht abgeben (worunter die Arsensäure auch zu rechnen ist), metallisches Silber sehr leicht in Chlorsilber umändert.

Zweites Capitel.

Laugen.

Das Laugen bietet keine Veränderung dar, nur hat man sorgfältiger auf ein gutes, dichtes Filter und auf die vollkommene Abklärung im Abklärbottich zu achten.

Ist das Mehl so fest im Laugfasse zusammengerostet, daß man es nach dem Laugen kaum wieder aus dem Laugfasse bringen kann, so muß man das Vorrösten noch sorgfältiger betreiben, da rohe oder unvollkommen geröstete Speisetheilchen die Ursache dazu sind.

Dadurch, daß sich schwefelsaures Kobaltoxydul eher bildet als schwefelsaures Nickeloxyd, läßt sich auch erklären, daß der beim Verschmelzen der vorgerösteten, Schwefeleisen enthaltenden Speise fallende Stein jedesmal im Verhältniß mehr Kobalt enthält als die Speise.

Abtheilung III.

Nacharbeiten.

Die Rückstände, welche höchstens noch $1/2$ bis 1 Loth Silber enthalten, sind vorzüglich geeignet zur Darstellung von metallischem Nickel und Kobalt, indem durch die Entsilberung die dazu nöthigen Vorarbeiten schon gemacht sind; jedoch würde es hier zu weit führen, dieses Processes weiter Erwähnung zu thun.

Zweiter Theil.

Extraction der Erze.

Einleitung.

In Bezug auf die Entsilberung der Erze hat die Extraction zwar über die Amalgamation einen so glänzenden Sieg nicht davongetragen, als über die der Hüttenproducte, nicht nur weil die Erzamalgamation höchst einfach ist und die specifisch leichteren Erze auch weniger zu einem mechanischen Quecksilberverlust Veranlassung geben, als die Hüttenproducte, welche in Folge ihres hohen specifischen Gewichts viel leichter ein Zerschlagen des Quecksilbers und ein Adhäriren des Amalgams an den Rückständen verursachen, sondern weil auch der Quecksilberverlust bei der Amalgamation der Erze noch geringer zu erwarten steht, sobald das Verwaschen der Rückstände in einer größeren Vollkommenheit, d. h. in mehreren etagenweise untereinander stehenden und zur Aufnahme des nöthigen Verdünnungswassers mit jeder tieferen Etage immer größer werdenden Waschbottichen erfolgt; auch bietet die Amalgamation in Bezug auf die Beaufsichtigung mehr Bequemlichkeit, als die Extraction; dennoch kann an manchen Orten der im Vergleich zum Kochsalze sehr hohe Preis des Quecksilbers und die Nothwendigkeit einer Umtriebskraft zu den Anquickfässern sehr für die Extraction stimmen, ja für besondere Fälle, wo die kaufmännischen Interessen die der Staatsökonomie überwiegen, wie z. B. in weniger cultivirten Ländern, unbedingt entscheiden.

Abtheilung I.

Vorbereitende Arbeiten.

Die für den Extractionsproceß tauglichen Erze bestehen gewöhnlich aus Glaserz, Rothgültigerz, Fahlerz, Chlorsilber, zuweilen auch aus fein angeflogenem oder eingesprengtem, gediegenem Silber, ferner aus Grauspießglanzerz, Arsenkies, Zinkblende, sehr wenigem Kupferkies, Bleiglanz und den sie begleitenden Bergarten, und variiren in ihrem Silbergehalte von 2 bis 50 Loth im Centner. Obgleich Erze von jedem Silbergehalte extrahirt werden können, so würde es doch die Uebersicht und Leitung des Processes sehr beeinträchtigen, wollte man jede Sorte für sich extrahiren, da jedes Erz eine andere Behandlung verlangt. Man mischt daher sämmtliche, von den Gruben meistens schon als feines Pulver oder durch Mahlen in solches verwandelte Erze von den verschiedensten Gehalten mit einander zu einem Durchschnittsgehalte, welcher nach den Lieferungsverhältnissen so lange als möglich constant bleiben kann, aber natürlich nicht zu gering sein darf, da sonst die Ausbringungskosten zu hoch ausfallen würden. Bei einer sehr großen Auswahl von Erzen unterscheidet man wohl auch reiche und weniger reiche Beschickungen, um die von den reichen Erzen meistens auch etwas reicher ausfallenden Rückstände nicht unter den sehr armen von einer weniger reichen Beschickung verloren gehen zu lassen. — Kupfererze entzieht man gern der Extraction, weil das Kupfer zum größten Theil in den

Rückständen bleibt, aus den entsilberten Rückständen aber nicht mit Vortheil durch den Schmelzproceß gewonnen werden kann. Hat man aber sehr reine und reiche Kupfererze, so behandelt man sie ganz wie Kupferstein.

Zur Bildung von Chlorsilber wird das Erz noch mit Kochsalz beschickt und zwar mit um so größeren Quantitäten, je reicher das Erz an Silber und je schwerer es sich aufschließen läßt, d. h. je mehr es aus dürren Erzen besteht. So vortheilhaft es sowohl zur Zerlegung des Kochsalzes als vorzüglich zum leichten Aufschließen, zur Ersparung von Brennmaterial und Vermeidung des Silberverlustes ist, so viel kiesiges Erz, wie bei der Amalgamation, unter das Dürrerz zu beschicken, daß die Rohsteinprobe 30 bis 35% Rohstein in der ganzen Beschickung angiebt, so selten wird es der Extractionsproceß gestatten, da man alsdann sehr oft die Lauge vom Glaubersalze reinigen oder neue Lauge bereiten müßte, und daher entweder sehr viele Bassins und Krystallisationsgefäße haben, oder das Kochsalz zu einem sehr geringen Preis, wie z. B. an Meeresküsten, bei Sicilien 2c. erlangen können müßte. Bei einem die Dürrerze bedeutend überwiegenden Vorrath von kiesigen Erzen ist man daher genöthigt, dieselben so lange vorzurösten, bis das Selbstglühen aufhört, wo möglich noch 1 Stunde lang todt zu rösten, hierauf mit den Dürrerzen zu vermischen und dann mit 4 bis 6% Salz zu beschicken, so daß man in diesem Falle an Kochsalz erspart, zu gleicher Zeit aber auch ein reineres Cementsilber erhält, indem alsdann nach Zerstörung des größten Theils der schwefelsauren Metalloxydsalze auch weniger Chloride und Chlorüre in die Lauge übergeführt werden und sich daher auch weniger als basische Salze wieder aus der Lauge auf's Silber in Berührung mit der Luft ausfällen können.

Um aber ein ganz gleichförmiges Gemenge zu erhalten, vertheilt man jede einzelne Erzpost über den ganzen Beschickungsplatz, der gewöhnlich über den Röstöfen angelegt ist, und zwar zu unterst gern trocken gepochtes Erz, dann gewaschenes und auf dieses eben ausgebreitete Erz eine Schicht von Kochsalz, welches vorher durch

Sieben von Pfannenstein und Klümpern befreit worden ist und durch mehrere Lutten aus den darüber gelegenen Salzmagazinen herunter gelassen wird. Auf das breitgezogene Kochsalz stürzt man von Neuem die verschiedenen Erzsorten und darauf wiederum Salz und wiederholt dies noch einmal; aber jeder Aufzug, wie man jede Lage Salz und Erz zu nennen pflegt, wird immer kleiner und kleiner, und während z. B. der erste Aufzug aus 200 Ctrn. Erz und 20 Ctrn. Kochsalz besteht, verwendet man zum zweiten Aufzug nur 150 Ctr. Erz und 15 Ctr. Salz, zum dritten 100 Ctr. Erz und 10 Ctr. Salz, zum vierten 70 Ctr. Erz und 10 Ctr. Salz, zuletzt aber noch eine Decke von 30 Ctrn. Erz.

Reiches Erz verwendet man am besten zum 2ten und 3ten Aufzug und bringt es unmittelbar auf's Salz. Ebenso wird der Flugstaub unmittelbar auf's Salz, und zwar so dünn als möglich darauf ausgebreitet.

Ist die Beschickung auf diese Weise vorgerichtet, so erfolgt gewöhnlich den andern Tag das Mengen derselben, wobei ein Mann so senkrecht wie möglich die verschiedenen Lagen mit einer Kratze durchschneidet, während ein anderer Arbeiter das Losgetrennte mit der Schaufel auf einen Haufen, der nach und nach kammartig wird, wirft, bis die ganze Beschickung gemengt ist. Das auf diese Weise gemengte Erz und Salz wird durch ein horizontal hängendes grobes Drahtsieb mit transportabelm Gestelle geschlagen, die zurückbleibenden Klümpern zerklopft und das Ganze in Röstposten, die sogleich auf den Postenheerd aufgestürzt werden, eingetheilt.

Abtheilung II.

Hauptarbeiten.

Rösten und Laugen.

Die Röstpost, welche aus 4,9 Ctrn. feuchtem Erze oder 4,5 Ctrn. trockenem Erze besteht, wird unmittelbar durch eine Lutte auf den $4^{3}/_{4}$ Ellen langen und $3^{1}/_{2}$ Ellen breiten Heerd eines ungarischen Röstofens, dessen Gewölbe 16 bis 18 Zoll vom Heerde absteht und am Fuchse zur gleichförmigeren Vertheilung der Hitze stark niederzuziehen ist, gebracht, daselbst mit der Wendschaufel zuerst mehr nach der Feuerbrücke, aber ja nicht unmittelbar daran geschafft und dann mit dem Krähle breit gezogen, die Oeffnung der Schlotte aber sogleich wieder mit einem Deckel verschlossen und auf den Deckel die nächste Post gestürzt, um das Aufsteigen von Dämpfen in den Schichtsaal zu vermeiden. Da das Rösten ununterbrochen fortgeht, so besitzt meistens der Ofen jene zum Trockenrühren der feuchten Post nöthige schwache Rothglühhitze und nach einigen Minuten ist dieselbe vollkommen trocken, aber die Entstehung von Klümpern, deren Vorhandensein nicht nur die Rückstände reicher macht, sondern auch die Nacharbeiten vermehrt, hat selbst bei dem besten Durchrühren nicht ganz vermieden werden können. Deshalb wird die Post

Manipulation.

mit einer Krücke auf dem Heerde zu einem von der Feuerbrücke nach dem Fuchse hin sich erstreckenden Kamme zusammengezogen und davon ein Theil nach dem anderen mit einem Klopfhammer durchklopft. Die durchklopfte Quantität schiebt der Röster jedesmal hinter und fährt so fort, bis nach und nach der ganze Kamm durchklopft ist. Alsdann breitet man das ganze Haufwerk so sorgfältig als möglich auf dem Heerde aus und beginnt die eigentliche Röstung, die in folgende drei Abstufungen eingetheilt zu werden pflegt:

1) in das Anfeuern;

2) in das Abschwefeln und

3) in das Gutrösten (Garrösten).

Das Anfeuern, wodurch man die Masse nach ihrem vollkommenen Trocknen in Folge des nach und nach verstärkten Feuers ins Glühen setzt, dauert etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden. Dabei darf aber die Hitze nicht so sehr gesteigert werden, daß das Erzpulver zusammen zu backen anfängt. Auch muß es, wenn es an der Feuerbrücke eine schwache Glühhitze angenommen hat, gewendet werden, wodurch das Ankommen, d. h. das Glühendwerden des Erzes sehr befördert wird.

Das Abschwefeln tritt ein, wenn das Erz in Folge des Verbrennens des Schwefels im Schwefelkiese über und über glüht, worauf der Arbeiter mit dem Heizen aufhört, so daß während des Abschwefelns nicht nur durch die Arbeitsthür, sondern auch durch den Rost die zur Oxydation nöthige Luft strömt. Der Zusammenhang der Theilchen wird, sowie der Schwefel vollkommen brennt, sehr locker und ein Auflaufen der ganzen Masse macht sich bemerkbar, nach und nach aber nimmt die Gluth des Erzes ab, es setzt sich das Erz wieder zusammen, und das Krählen erfolgt nicht mehr so leicht, wie vorher, bis die Masse während eines beständigen, die Berührung aller Erztheilchen mit der oxydirenden atmosphärischen Luft sehr begün-

stigenden Krählens ganz dunkel geworden ist, was gewöhnlich in $1^3/_4$ bis $2^1/_4$ oder 4 Stunden nach dem Einbringen der Post in den Ofen erfolgt. Hierauf schreitet man zum

Garrösten, welches in einem abermaligen Erhitzen der Post durch ein kurzes, meist nur $^1/_2$ Stunde anhaltendes, aber sehr starkes Feuer besteht. Dabei schwillt unter fortwährendem Krählen die Röstpost wieder auf, wird wollig und entwickelt über und über dicke weißlich graue Dämpfe von Chlor und mehreren Verbindungen desselben mit anderen Substanzen. Ist diese Erscheinung erreicht, so wird das Erz aus dem Ofen genommen und könnte sofort in die Laugfässer gebracht werden, wenn keine Zusammensinterung während des Röstens stattfände. Wegen der Röstgröbe aber, die nur unvollständig durchgeröstet ist, daher auf der Mühle geschroten und dann nach der Anfeuerungsperiode der Röstpost zugesetzt, oder 2 Stunden lang mit 2% Salz geröstet wird, wirft man das heiße Erz durch einen Durchwurf, dessen Seitenwände Ziegel bilden und das Durchwurffeine setzt man noch heiß in die Laugfässer mit 1 bis 2% frischem Kochsalz gemengt ein.

Nicht selten erhält man jedoch hierdurch nur unzureichende Resultate, und man ist genöthigt, das mit Salz gemengte Erz nach dem Abschwefeln aus dem Röstofen zu ziehen, nach dem Entfernen der Gröbe durch Absieben es zu mahlen, dann wieder in den Röstofen durch die Arbeitsöffnung zum Gutrösten zu bringen und das $1^1/_2$ bis 2 Stunden lang bei einem starken Feuer gutgeröstete Erz erst in die Laugfässer einzusetzen.

Ein Nachsetzen von Kochsalz zu dem ohne Salz vorgerösteten Erze, selbst wenn man es der vollkommenen Vertheilung halber, wie bei der Kupfersteinextraction, mit bedeutenden Mengen todtgerösteten Erzes gemengt zusetzte, hat zwar ein Ausfällen von reinerem Silber und ein besseres Laugen gewährt, so wie eine geringe Ersparung von Kochsalz zugelassen, die Zeit des Gutröstens aber bedeutend verlängert,

ohne die des Abschwefelns abzukürzen, da das Kochsalz während des Abschwefelns die Röstmasse nur locker hält und so die Oxydation sehr begünstigt. Das Rothgültigerz aber scheint sich, vorzüglich bei Ermangelung von Kupfererzen, während des Vorröstens ohne Kochsalz sehr schwer zu zersetzen, d. h. in schwefelsaures Silberoxyd umzuändern, zu gleicher Zeit aber auch das gebildete schwefelsaure Silberoxyd nur durch die Gegenwart von schwefelsaurem Kupferoxyde vor der theilweisen Zersetzung geschützt zu werden. Weniger wahrscheinlich ist die Einwirkung der Kieselerde auf die Silberverbindungen.

Stehen sehr viele Lauggefäße so wie ein gut zu erwärmendes Lauglocal zu Gebote, so kann man auch denselben Gang für die Extraction verfolgen, wie ihn die Amalgamation vorschreibt, daß man nämlich unmittelbar auf das Abschwefeln das Gutrösten folgen, dann die Post erkalten läßt, das Ganze durchwirft, das Durchwurffeine in Cylindersieben, wovon der oberste Theil mit Seidengaze zur Gewinnung des schon im Erze enthaltenen Mehles umgeben ist, siebt, das Siebfeine mahlt und das Mehl mit 1 — 3% Salz kalt in die Laugfässer einsetzt; jedoch ist es dann von Vortheil, die ersten 4 bis 6 Stunden die Filtration von unten nach oben erfolgen zu lassen, indem man die Lauge durch eine Röhre unterhalb der Filtrirvorrichtung in den Laugbottich einführt, die Masse durchdringen läßt und oben etwa in einer Höhe von 4″ über dem Erze in einen Klärkasten und von da in die Fällgefäße durch eine Röhre abführt, nach 4 bis 6 Stunden aber die Filtration von oben nach unten durch einen unten an der der Einfallröhre entgegengesetzten Seite des Laugbottichs angebrachten Hahn erfolgen läßt, da durch das Aufbringen der Lauge die Erztheilchen lockerer gehalten zu werden scheinen, während sie bei einer Filtration von oben nach unten sich so fest zusammensetzen, daß die Filtration in den Laugfässern nach und nach fast ganz aufhört.

Ebenso kann man Mehl, welches ganz wie zur Amalgamation

vorbereitet worden ist, in einer um eine horizontale Axe sich drehenden Tonne mit concentrirter Salzlauge unter Hinzufügung von Salz behandeln, dann das Erzmehl sich absetzen lassen, was durch starke Verdünnung der breiigen Masse mit concentrirter warmer Salzlauge einigermaßen begünstigt wird, und die helle Lauge in einen Klärbottich und von da in die Fällgefäße bringen. In die Tonne gießt man neue Lauge und fährt so fort, bis keine Silberlauge mehr an den Rückständen adhärirt. Jedoch ist das Absetzenlassen der Erztheilchen sehr umständlich, ein Filtriren aber ganz unmöglich, da das Mehl nach einigen Umgängen mit Lauge einen fast keinen Tropfen durchlassenden Schlamm bildet.

Reine Dürrerze verlangen eine sehr vollkommene Zerkleinerung, einen stärkeren Kochsalzzuschlag (12 bis 18%) und ein sehr starkes Röstfeuer von Anfang bis zu Ende, da sie sich sehr schwer aufschließen lassen. Daß aber dabei, wo nur durch ein äußeres heftiges Feuer die Aufschließung und Chlorsilberbildung erfolgt, ein größerer Silberverlust stattfindet, ist natürlich, weshalb man sie in Ermangelung von Kiesen gern mit 2 bis 3% calcinirtem Eisenvitriol entweder sogleich zusammenmahlt oder mit demselben im gemahlenen Zustande sorgfältig nebst dem Kochsalze mengt. Ein Einsumpfen der Erze mit Eisenvitriollauge enthebt zwar den Arbeiter des Calcinirens und des gleichförmigen Mengens, jedoch vermehrt es die Klümperbildung während des Röstens. Ob die Röstung durch ein Mahlen unterbrochen werden muß, richtet sich nach den Rückstandsgehalten, ebenso die Dauer des Röstens, wiewohl die Reinheit und Menge des an dem Kupfer sich absetzenden Silbers beim Auslaugen einer Probe ziemlich das Anhalten giebt.

Stockungen beim Filtriren werden ebenfalls wie bei der Kupfersteinextraction durch erwärmte Salzsäure beseitigt.

Die Theorie ist ähnlich der der Kupfersteinextraction. Theorie.

In der Anfeuerungsperiode entweicht zuerst das Wasser

und dann beginnt ein großer Theil von Arsen, Antimon und Schwefel im oxydirten Zustande sich zu verflüchtigen.

In der Abschwefelungsperiode ist die Oxydation der Schwefelmetalle im vollen Gange. Ein kleiner Theil des Schwefels entweicht nur anfangs als solcher, ein anderer und sehr bedeutender verbrennt zu schwefliger Säure und ein dritter geht in trockene Schwefelsäure über; endlich bleiben die Basen theils als freie Oxyde, theils als basische und neutrale schwefelsaure Salze zurück. Das Kochsalz wird während dieser Zeit nur zu einem sehr geringen Theil zerlegt und begünstigt nur die Oxydation, indem es die einzelnen Erztheilchen getrennt von einander hält. Vorzüglich erst

in der Garröstperiode erfolgt die Zersetzung des Kochsalzes durch die in Folge der hohen Temperatur sich aus den Metallsalzen entwickelnde Schwefelsäure oder durch die Metalle und Metallverbindungen selbst, wie wir schon oben gesehen haben. Das dabei frei werdende Chlor und Chlorwasserstoffsäure, welche, wie wir oben gesehen haben, in Folge des sich aus dem Brennmaterial entwickelnden Wasserdampfes und der Feuchtigkeit der Luft entsteht, wirkt hauptsächlich auf die noch nicht zerlegten Silberverbindungen, als Rothgültigerz, Fahlerz rc. ein und verwandelt es unter Bildung von Chlorschwefel, Arsen- und Antimonchlorid und Wasser in Chlorsilber um, so daß die Post nach dem Gutrösten besteht:

1) aus den Erden und den sich gebildet habenden Erdensalzen, die oft, wie z. B. Gips, die Extraction ganz unmöglich machen, indem nicht nur derselbe die Filtration verhindert, sondern auch zwischen den einzelnen Fäden des niedergeschlagenen Silbers sich einlegt und so das Silber verunreinigt. Man muß daher das gipshaltige Silber mit den Händen unter Wasser zerreiben und so den Gips durch öftere Wiederholung in vielem Wasser aufzulösen suchen;

2) aus vielem Eisenoxyd, basisch schwefelsaurem Eisenoxyd, Eisenchlorür und Eisenchlorid,

3) aus Manganoxyd, schwefelsaurem Manganoxydul und Manganchlorür,

4) aus Kupferoxyd, schwefelsaurem Kupferoxyd, Kupferchlorid und Kupferchlorür,

5) aus schwefelsaurem Bleioxyd mit sehr geringen Mengen Chlorblei,

6) aus Chlorsilber,

7) aus antimoniger Säure, Zinkoxyd und noch kleinen Resten von unzerlegten Schwefelmetallen,

8) aus Glaubersalz mit einigem noch nicht zerlegten Kochsalz.

Zur leichtern Uebersicht ist der ganze Proceß in chemischen Formeln in Folgendem tabellarisch dargestellt.

Vor der Röstung.	Nach dem Abschwefeln sind verflüchtigt:	bleiben zurück: aufgeschlossen:	unaufgeschlossen:
NaCl (Kochsalz).		$Na\dddot{S}$, NaCl	
$\overset{''}{Fe}$ (Schwefelkies).	$\ddot{S}$	$\dot{Fe}\dddot{S}$, $\dddot{\overline{Fe}}$, $\dddot{\overline{Fe}}\dddot{S}$	$\overset{'}{Fe}$
$\overset{'}{Cu}\overset{'''}{\overline{Fe}}$ (Kupferkies).	$\ddot{S}$	$\dot{Fe}\dddot{S}$, $\dddot{\overline{Fe}}$, $\dddot{\overline{Fe}}\dddot{S}$, $\dot{Cu}$, $\dot{Cu}\dddot{S}$	$\overset{'}{Fe}$, $\overset{'}{Cu}$
$FeS^2 + FeAs^2$ (Arsenkies).	$\ddot{S}$	$\dot{Fe}\dddot{S}$, $\dddot{\overline{Fe}}$, $\dddot{\overline{Fe}}\dddot{S}$, $\dddot{\overline{Fe}}\dddot{\dot{As}}$	$\overset{'}{Fe}$, FeAs
$\overset{'}{Ag}$ (Glaserz).	$\ddot{S}$	$\dot{Ag}\dddot{S}$ } auf Kosten der übrigen schwefelsauren Metalloxydsalze.	$\overset{'}{Ag}$
$\overset{'}{Ag}{}^3\overset{'''}{As}$ (lichtes Rothgültigerz).	$\ddot{As}$, $\ddot{S}$	$\dot{Ag}\dddot{S}$	$\overset{'}{Ag}\overset{'''}{As}$
$\overset{'}{Ag}{}^3\overset{'''}{Sb}$ (dunkles Rothgültigerz).	$\ddot{Sb}$, $\ddot{S}$	$\dot{Ag}\dddot{S}$	$\overset{'}{Ag}\overset{'''}{Sb}$
$\overset{'}{Pb}$ (Bleiglanz).	$\ddot{S}$	$\dot{Pb}\dddot{S}$	$\overset{'}{Pb}$
$\overset{'''}{Sb}$ (Grauspießglanz).	$\ddot{Sb}$	$\dddot{Sb}$	$\overset{'''}{Sb}$
$\overset{'}{Zn}$ (Zinkblende).	$\ddot{S}$	$\dot{Zn}$, $\dot{Zn}\dddot{S}$	$\overset{'}{Zn}$
NiAs (Nickelkies).	$\ddot{As}$	$\dot{Ni}\ddot{As}$	Ni^2As
$\overset{'}{Mn}$ (irgend eine Manganverbindung).	$\ddot{S}$	$\dot{Mn}\dddot{S}$, $\ddot{\overline{Mn}}$	$\overset{'}{Mn}$

Nach dem Gutrösten		Laugen.	
sind verflüchtigt:	bleiben zurück:	In concentrirter Kochsalzlauge sind davon auflöslich:	Aus der Auflösung wird als Metall gefällt durch Kupfer:
$\overline{Cl}$, $Na\overline{Cl}$	$\dot{Na}\dddot{S}$, $Na\overline{Cl}$	$Na\overline{Cl}$, $Na\dddot{S}$	
$\overline{Fe}\overline{Cl}^3$, $S\overline{Cl}$	$\dddot{\overline{Fe}}$, $\overline{Fe}\dddot{S}$, $\overline{Fe}\overline{Cl}^3$, $Fe\overline{Cl}$	$Fe\overline{Cl}$, $Fe\overline{Cl}^3$	
$S\overline{Cl}$, $Fe\overline{Cl}^3$, $Cu\overline{Cl}$	$\dot{Cu}$, $\dot{Cu}\dddot{S}$, $\dddot{\overline{Fe}}$, $\overline{Fe}\dddot{S}$, $Fe\overline{Cl}$, $\overline{Fe}\overline{Cl}^3$, $\overline{Cu}\overline{Cl}$, $Cu\overline{Cl}$	$Fe\overline{Cl}$, $\overline{Fe}\overline{Cl}^3$, $\overline{Cu}\overline{Cl}$, $Cu\overline{Cl}$	
$\dddot{\overline{As}}$, $S\overline{Cl}$, $\overline{As}\overline{Cl}^3$, $Fe\overline{Cl}^3$	$\dddot{\overline{Fe}}$, $\overline{Fe}\dddot{S}$, $Fe\overline{Cl}$, $Fe\overline{Cl}^3$, $\dddot{\overline{Fe}}\dddot{\overline{As}}$	$Fe\overline{Cl}$, $Fe\overline{Cl}^3$	
$S\overline{Cl}$	$Ag\overline{Cl}$	$Ag\overline{Cl}$	Ag
$\overline{As}\overline{Cl}^3$, $S\overline{Cl}$	$Ag\overline{Cl}$	$Ag\overline{Cl}$	Ag
$Sb\overline{Cl}^3$, $S\overline{Cl}$	$Ag\overline{Cl}$	$Ag\overline{Cl}$	Ag
$\dot{Pb}$, $\dot{Pb}\overline{Cl}$, $S\overline{Cl}$	$\dot{Pb}\dddot{S}$, $Pb\overline{Cl}$	$Pb\overline{Cl}$	Pb*
$Sb\overline{Cl}^3$, $S\overline{Cl}$	$\dddot{Sb}$, $\dddot{Sb}$	$Sb\overline{Cl}^3$	Sb*
$S\overline{Cl}$, $Zn\overline{Cl}$	$\dot{Zn}$, $\dot{Zn}\dddot{S}$, $Zn\overline{Cl}$	$Zn\overline{Cl}$	Zn*
$\overline{As}\overline{Cl}^3$	$\dot{Ni}\dddot{\overline{As}}$, $Ni\overline{Cl}$	$Ni\overline{Cl}$	Ni*
$S\overline{Cl}$, $\overline{Mn}\overline{Cl}^3$	$\ddot{\overline{Mn}}$, $\overline{Mn}\dddot{S}$, $Mn\overline{Cl}$	$Mn\overline{Cl}$	

NB. Die mit * bezeichneten Metalle werden nur zum Theil aus der Kochsalzauflösung durch Kupfer gefällt, vollständiger aber durch Eisen.

Abtheilung III.

Nacharbeiten.

Sollten die Rückstände noch zu reich ausgefallen sein, d. h. noch über 1 Loth Silber im Centner enthalten, so trocknet man sie womöglich im Sommer auf einem freien Platze unter öfterem Wenden und Zerklopfen der Stücken, mengt sie mit 2% Kochsalz, wirft sie des vollständigeren Mengens wegen durch einen Durchwurf und setzt sie 1½ bis 2 Stunden lang einem sehr starken anhaltenden Röstfeuer aus in einem wenigstens 15 Ctr. fassenden, englischen Röstofen. Hierauf bringt man sie, zugleich unter Zusatz von 1% Salz, in die Laugfässer, welche zur Erzextraction dienen, oder vortheilhafter in größere, und behandelt sie weiter wie jedes Lauggut. In 3 bis 4 Stunden ist gewöhnlich die gewünschte Entsilberung erreicht.

Abtheilung IV.

Ueber eine Combination der Augustin'schen Extraction mit einem Theile der amerikanischen Amalgamation.

Unendlichen Vortheil würde die Augustin'sche Extraction darbieten, wenn man, wie nach den bisher aufgestellten Theorien über die amerikanische Amalgamation erwartet werden darf, die Chlorsilberbildung auf demselben Wege, wie zur amerikanischen Amalgamation erfolgen lassen und dann das Chlorsilber mit concentrirter Kochsalzlauge extrahiren könnte. Aber hierdurch ist man kaum im Stande, $\frac{1}{8}$ des Silbergehaltes aus den Erzen ohne vorausgegangene Röstung zu extrahiren.

Es ist zwar wahr, daß Kochsalz sich mit dem schwefelsauren Kupferoxyde des Magistrals in schwefelsaures Natron unter Kupferchloridbildung zersetzt, daß das erzeugte Kupferchlorid Chlor an das gediegene Silber abzugeben im Stande ist und dabei zu Kupferchlorür sich verwandelt, daß ferner Kupferchlorür bei einem Ueberschusse von Kochsalz, in welchem es sich mit der geringen Menge von schon gebildetem Chlorsilber auflöst, mit einem anderen Theile des Schwefelsilbers unter Chlorsilberbildung in Unterschwefelkupfer sich zerlegt, daß endlich Chlorsilber unter Mitwirkung von Kochsalz und der dadurch beförderten elektrochemischen Thätigkeit durch Quecksilber reducirt und amalgamirt wird. Aber alle diese chemischen Vorgänge dienen bei der ganzen amerikanischen Amalgamation nur zur Einleitung des eigentlichen Amalgamationsprocesses.

Welcher enorme Quecksilberverlust durch Calomelbildung müßte auch dann bei der amerikanischen Amalgamation wahrzunehmen sein, wenn die bisher aufgestellten Theorien wirklich das Princip der ganzen amerikanischen Amalgamation ausmachten? Wie sollte man sich auch den Umstand erklären, daß bei der stärksten tropischen Sonne in einem bloß mit Magistral und Salz, ja sogar noch mit Braunstein innig gemengten Haufen nach Monaten fast gar keine Veränderung und gegenseitige Reaction wahrzunehmen ist, diese aber augenblicklich eintritt, sobald man das Quecksilber hinzufügt? Daher können die bisherigen Theorien nicht das Princip, sondern nur die Einleitung und Beförderung des Processes in sich fassen, d. h. sie sind insofern ganz richtig, als bei Gegenwart von Metallsalzen jede chemische Thätigkeit erhöht und durch die Einwirkung des Kupferchlorids, des Kupferchlorürs und des Kochsalzes die Oberfläche des gediegenen Silbers in Chlorsilber verwandelt, dieses dann durch Quecksilber reducirt und somit das nun mit ganz reiner und daher sehr leicht amalgamirbarer Oberfläche hervortretende Silbertheilchen sofort amalgamirt wird, als ferner der erste Angriff zur Zersetzung des Schwefelsilbers durch Kupferchlorid bei dem Ueberschusse von Kochsalz zwar stattfinden kann, daß aber erst durch Hinzufügen von Quecksilber seine vollständige Zersetzung in Chlorsilber und metallisches Silber möglich ist.

Das Quecksilber nämlich begünstigt nicht nur die Umwandlung des Kupferchlorids zu Kupferchlorür und verwandelt sich in geringen Quantitäten zu Quecksilberchlorür, welches wie Kupferchlorür auf das gediegene Silber und Verbindungen desselben wirkt, sondern reducirt auch das Kupferoxyd, welches in Oxydul zu verwandeln ja selbst Silber im Stande ist, hauptsächlich bei Gegenwart von concentrirter Kochsalzlauge zu Kupferoxydul, und dieses zersetzt, unterstützt durch die scharfe Lauge, das Schwefelsilber unter Bildung von Schwefelsäure in metallisches Silber, welches sogleich im Entstehungszustande vom Quecksilber aufgenommen wird, während die dabei freigewordene Schwefelsäure das Kochsalz zerlegt, Salzsäure

dadurch erzeugt und diese den ganzen Proceß ungemein unterstützt. Demnach beruht das Princip der amerikanischen Amalgamation mehr auf einer Bloßlegung der Oberfläche des gediegenen Silbers und Zersetzung des Schwefelsilbers in metallisches Silber, als auf einer Chlorsilberbildung. Bestätigt wird auch diese Theorie durch die ungemein günstige Einwirkung eines schon seit vielen Jahren in Amerika angewandten Zusatzes von Präcipitationskupfer oder noch besser, der vollkommneren Vertheilung wegen, von Kupferamalgam. Somit ist eine Extraction verbunden mit einem Theile des amerikanischen Amalgamationsprocesses ohne vorausgegangene Röstung a priori nicht denkbar.

Anhang I.

Entsilberung des Kupfersteins und rein kiesiger Erze durch die Ziervogel'sche Methode.

Einleitung.

Kaum hatte die Augustin'sche Extractionsmethode einen glänzenden Sieg über die Kupfersteinamalgamation davon getragen, als der Hüttenfactor Ziervogel im Mannsfeld'schen einen noch einfacheren Weg der Entsilberung auffand und nicht ungünstige, wenn auch nicht sehr sichere Resultate dadurch erzielte. Dieser Weg besteht darin, daß beim Rösten in einem Doppelröstofen durch die Einwirkung von schwefelsaurem Eisenoxyd und schwefelsaurem Kupferoxyd auf das in Kupfersteinen oder in kiesigen Erzen enthaltene Schwefelsilber schwefelsaures Silberoxyd gebildet und dann durch heißes Wasser ausgezogen wird, und ist wahrscheinlich die einfachste Manipulation, die man sich nur denken kann, da sich desselben auch die Natur zur Auflösung und nachmaligen Concentration des Silbers in Gangspalten u. s. w. bedient hat und ein Proceß der Natur aber gewiß als der sicherste Wegweiser zur größtmöglichsten Einfachheit eines künstlichen Processes anzusehen ist.

Vorrichtungen.

Der zu dieser Entsilberung nöthige Apparat besteht nur aus einer bleiernen Pfanne, die über dem Röstofen angebracht ist und

so durch die beim Rösten verloren gehende Wärme erhitzt wird. Von dieser Pfanne wird durch eine bleierne, mit Hähnen versehene Röhre das bis beinahe zur Siedehitze erwärmte Wasser in 6 bis 8 Laugfässern von $1\frac{1}{2}$ Ellen Höhe und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Ellen Weite geleitet. Unmittelbar unter diesen Fässern befindet sich der Klärkasten, unter demselben so wie längs desselben sind 12 bis 16 wie die Laugfässer angerichtete Silberfällbottiche aufgestellt, und unter diesen wiederum terrassenförmig 6 bis 8 oder noch mehr Kupferfällbottiche aufgepflanzt. Endlich ist noch ein Laugenreservoir nöthig, aus welchem zur weiteren Anreicherung an Kupfervitriol die Lauge wieder zurück in die Laugpfanne gehoben wird, und ein zweites, in welches die durch Eisen vollkommen entkupferte Lauge fällt und welches ebenfalls durch eine Pumpe mit der Laugpfanne in Verbindung steht.

Die zu den Nacharbeiten nöthigen Apparate als: Knetbühne, Trockenhorden, Darrofen u. s. w. sind dieselben wie bei der Augustin'schen Methode.

Manipulation.

Das Verfahren bei dieser Entsilberungsmethode ist schon früher bei dem für die Augustin'sche im Allgemeinen mit erwähnt worden. Man röstet aber den möglichst feingemahlenen Stein mit größerer Vorsicht, nicht nur zur Vermeidung aller Röstgröbebildung, sondern zur Erzeugung der größtmöglichsten Menge von Kupfervitriol, in einem Doppelröstofen bei einer ganz allmähligen bis zur größten Weißglühhitze gesteigerten Temperatur so lange, bis eine aus dem Ofen von der Feuerbrücke genommene und auf einen Kamm in einer Schale zusammengeschobene Probe nach tropfenweiser Hinzufügung von Wasser nur eine höchst schwach blaugefärbte Lauge giebt und ein Körnchen Kochsalz in diese concentrirte Lauge gebracht, einen voluminösen käsigen Niederschlag hervorbringt, d. h. bis beinahe alles schwefelsaure Kupferoxyd durch die Hitze zerstört und alles Schwefelsilber

in schwefelsaures Silberoxyd umgewandelt ist. Alsdann wendet man sorgfältig und giebt unter fortwährendem Krählen nochmals das stärkste Feuer, bis eine von der Feuerbrücke weggenommene Probe obige Eigenschaft ebenfalls anzeigt. Den so vorbereiteten Stein wirft man durch einen stehenden Durchwurf und hierauf so heiß und schnell wie möglich in ein Laugfaß, dessen Filtrirvorrichtung mit Schwefelsäure haltigem Wasser angefeuchtet worden war, schlägt dann das siedend heiße Wasser (oder Lauge) aus der Laugpfanne darauf, gießt, da sich schwefelsaures Silberoxyd leichter in Schwefelsäure haltigem Wasser als in reinem Wasser auflöst, etwas Schwefelsäure in das über dem Steine kochende Wasser, und öffnet, sobald die ganze Masse sich durchzogen hat, den Hahn. Die Silberlauge gelangt, nachdem sie den Klärkasten passirt hat, in ein Präcipitationsgefäß, auf dessen Filter sich eine Schicht Cementkupfer und darauf wieder Kupferabfälle oder Rosettenkupfer sich befindet, und bleibt hierin so lange stehen, bis das Silber sich dendritenförmig daran niedergeschlagen hat. Darauf wird die Lauge durch einen unten am Präcipationsgefäße angebrachten Hahn in ein Sammelbassin abgelassen und von da in die Laugpfanne zurückgebracht, bis sie zu Kupfervitriol in einer ebenfalls durch die beim Rösten verloren gehende Wärme erhitzten Pfanne versotten werden kann.

Silberhaltige Kupfererze lassen sich auf dieselbe Weise entsilbern und schon vor beinahe zwanzig Jahren hatte William Pollard sich für eine auf demselben Princip beruhende Entsilberungsmethode ein Patent vom Gouvernement in Mexico ertheilen lassen. Er röstete nämlich die silberhaltigen Kupfererze ebenfalls ohne Kochsalz, brachte sie in einem Anquickfasse mit einer aus verdünnter Schwefelsäure und etwas Salpetersäure bestehenden Lauge und mit kupfernen Kugeln zusammen und setzte dann zur Aufsammlung des durch Kupfer aus der Auflösung niedergeschlagenen Silbers Quecksilber hinzu.

Rein kiesige Erze. Silbererze lassen sich entweder ebenso wie die Kupfererze behandeln oder man läßt sie, wie man

auch bisweilen bei unreinen kiesigen Kupfererzen zu thun genöthigt ist, nach einer starken Anfeuerung, ohne nachzuschüren, abschwefeln, mahlt sie für sich oder, wenn nöthig, mit 1 bis 2% Kupfervitriol oder 5% Kupferkies und unterwirft das Gemenge einem sehr starken Glühfeuer, bis eine mit heißem Wasser behandelte Probe obige Merkmale, d. h. eine wasserhelle, klare oder höchstens ganz schwach blau, aber ja nicht grünlich gefärbte Lauge entläßt. Eisenvitriol anstatt des Kupfervitriols, oder was bei rein kiesigen Erzen dasselbe ist, nach dem Abschwefeln gar nichts anzuwenden, führt, wie auch aus dem obigen theoretischen Theile des Kupfersteinröstens hervorgeht, nicht zu demselben Ziele, obwohl das daraus entstehende schwefelsaure Eisenoxyd zur Silbervitriolbildung beitragen kann; denn bei der Hitze, wo die gänzliche Umwandlung des Schwefelsilbers in Silbervitriol stattfindet, wird er vollständig zersetzt und vermag daher zuletzt nicht mehr das schon gebildete schwefelsaure Silberoxyd, welches nur durch andere noch vorhandene basische schwefelsaure Metalloxydsalze vor der Zersetzung in Metall, schweflige Säure und Sauerstoff geschützt werden kann, zu erhalten.

Anhang II.

Die Becquerel'sche Entsilberungsmethode.

Ueber diese Methode hat der Verfasser weiter keine Aufschlüsse erlangen können, als folgende Andeutungen, welche sich in Scheerer's Metallurgie, Bd. I. S. 51, finden:

»Auch Becquerel scheint die feingepochten und hinreichend chemisch vorbereiteten Silbererze mit irgend einem Auflösungsmittel zu behandeln, welches aber wahrscheinlich nicht hinzureichen braucht, um alles Silber auf einmal zu extrahiren. Möglicher Weise läßt er nämlich durch die mit dem Auflösungsmittel übergossenen Erze einen galvanischen Strom gehen, welcher das Silber an dem negativen Pole der Säule ausscheidet und dadurch das Auflösungsmittel wieder geschickt macht, eine neue Quantität Silber in sich aufzunehmen, die dann auf gleiche Weise präcipitirt wird, und so fort. Versuche dieser Art, aber nur im Kleinen, wurden vor einigen Jahren vom Herrn Hüttenfactor Ziervogel und dem Verfasser auf dem Mannsfeld'schen Amalgamirwerk angestellt. Sie gaben in sofern kein günstiges Resultat, als die Entsilberung der Erze im Verlaufe mehrerer Tage nicht vollständig zu erreichen war. Wahrscheinlich werden hierzu schwache galvanische Ströme und viel Zeit erfordert, wodurch man sich dem Verfahren nähert, dessen sich die Natur in vielen Fällen

zur Ausscheidung der Erze, namentlich aber der gediegenen Metalle in den Gängen bedient haben dürfte.«

Anmerkung. Eine gelinde Erwärmung der Stelle, wo der negative Pol sich befindet, gab dem Verfasser keine uninteressanten, wenn auch keine Resultate für die Industrie, da dadurch außer der Erhöhung der auflösenden und niederschlagenden Kraft eine Bewegung der Lauge hervorgebracht wurde. Wollte man aber den Pol selbst bewegen, so würde leicht das daran hängende Silber sich loslösen und die Rückstände wieder anreichern.

Anhang III.

Ueber die Goldextraction.

Wiewohl es dem Verfasser noch nicht gelungen ist, das Gold vollständig aus den Hüttenproducten oder Erzen zu gewinnen, so glaubt er doch von seinen vielen Versuchen derer Erwähnung thun zu müssen, durch welche er das meiste Gold extrahirt hat, zumal da eine vollständige Entgoldung, vorzüglich für die in den Erzen und Producten enthaltenen verhältnißmäßig höchst geringen Mengen Goldes nur eine Chimäre sein kann, indem man ja nicht einmal von einer vollständigen Entsilberung zu sprechen vermag.

In den Hüttenproducten ist das Gold im metallischen Zustande, d. h. als Legirung von Silber, Kupfer, Antimon rc. vorhanden, in den Erzen mag es aber außer den bekannten Goldvorkommnissen, vorzüglich in vielen kiesigen Erzen, auch als Doppelsalz, wie z. B. $\overset{'''}{Au}{}^2\left(\begin{matrix}\overset{'''}{As}\\ \overset{'''}{Sb}\end{matrix}\right)^3$ in Verbindung mit ähnlichen Gemengen ($\overset{'}{Ag}{}^3\overset{'''}{Sb}$ = dunklem Rothgültigerz, $\overset{'}{Ag}{}^6\overset{'''}{Sb}$ = Sprödglaserz rc.) vorhanden sein; wenigstens scheint das Schwefelantimon ($\overset{'''}{Sb}$) als Ansammlungsmittel eines Theils des in der Natur vorkommenden Goldes aufzutreten.

Schon durch das bisher beschriebene Extractionsverfahren mit concentrirter Kochsalzlauge kann, ohne ängstlich eine besondere Temperatur beim Rösten zu beobachten, den Producten oder Erzen beinahe die Hälfte des gesammten Goldgehaltes entzogen und mit dem Silber zugleich niedergeschlagen werden, namentlich bei einem höchst fein zertheilten Zustande des Erzes und bei Gegenwart von vielem Kupferchlorid oder Eisenchlorid, also bei einem verhältnißmä-

ßig großen Kochsalzzuschlag, nicht vollständigem Todtrösten und Erzeugung einer großen Menge Salzsäure im Laugfasse. Denn es ist bekannt, daß Goldblättchen und durch Fällung erhaltenes feinzertheiltes Gold sich bei Luftzutritt schon in erwärmter Salzsäure auflöst; die etwa vorhandenen Goldverbindungen werden aber durch's Rösten in den metallischen Zustand zersetzt, dieses metallische Gold bei einem Zuschlage von Kochsalz, oder von Kochsalz und Braunstein, an der Oberfläche in Goldchlorid verwandelt und so zur weiteren Auflösung in dem Laugfasse vorbereitet. Verstärkt man nun die Gold auflösende Kraft der Lauge durch Einleiten von Chlor in dieselbe, und zwar zur Vermeidung von Chlorverflüchtigung in den unterhalb der Filtrirvorrichtung befindlichen Raum, läßt also die Filtration von unten nach oben erfolgen, so kann man oft das Goldausbringen bis auf $^2/_3$ des gesammten Goldgehaltes erhöhen.

Ein fast gleiches Ziel erreicht man dadurch, daß man sowohl das zur Silberextraction geröstete Erz oder Product, als auch die Lauge selbst noch kurz vorher, ehe sie das Product durchdringt, mit Chlorkalk vermischt, indem derselbe durch die in Folge der Gegenwart von vielen Chloriden frei werdende Salzsäure nach und nach zersetzt und das Chlor frei wird.

Alle diese Versuche sind auf die in Schubarths technischer Chemie erwähnte Thatsache basirt, daß Chlorwasser Gold aufzulösen im Stande ist. Außerdem bildet sich aber auch noch hierbei unterchlorige Säure; die Kochsalzlauge enthält nämlich schwefelsaures Natron, und sättigt man eine Auflösung von schwefelsaurem Natron mit Chlor bei einer nicht zu hohen Temperatur, so erhält man ein Gemenge von saurem schwefelsaurem Natron, Chlornatrium und freier unterchloriger Säure, die in Folge der prädominirenden Wirkung des Kochsalzes und des ununterbrochen hinzuströmenden Chlors, das in der Masse enthaltene, zum Theil durch die Zersetzung des schon gebildeten Chlorgoldes während des Röstens wieder entstandene, metallische, feinzertheilte Gold aufzulösen im Stande ist.

Nicht unerwähnt darf ich die bisher anderwärts gemachten Entgoldungsversuche lassen, um jedes Körnlein zur Vervollkommnung des Entgoldungsprocesses gegeben zu haben.

In Erdm. und March. Journal für prakt. Ch. Bd. XLVIII., S. 65 — 70, so wie in der Berg- und Hüttenmännischen Zeitung, 9 Jahrgang. Nr. 3 (1850) sind die Entgoldungsversuche der Reichensteiner Arsenabbrände beschrieben, wovon Folgendes herauszuheben ist:

a) 15 Pfund von den Abbränden wurden in einer Flasche von starkem Glase mit eben so viel Wasser übergossen, so daß ungefähr ein Viertheil von dem inneren Raume der Flasche leer blieb. Der Inhalt der Flasche wurde mit Chlorgas angeschwängert und dieselbe mit einem Glaspfropfen sehr gut verschlossen. Die also beschickte Flasche wurde nun umgelegt und über einer mit einem Tuche bedeckten langen Tafel zwei Stunden lang hin und hergekollert. Nach dieser Zeit wurde die Flasche aufgerichtet, der Inhalt absetzen gelassen und darauf die Flüssigkeit mittelst eines Hebers in eine andere Flasche abgelassen und mit dem Rückstande dasselbe Manöver noch zweimal wiederholt. Endlich wurde der Bodensatz in drei konische geradwandige Trichter vertheilt, welche auf Glascylinder aufgestellt und deren untere Oeffnungen mit kleinem Kiesgerölle und Kiessand lose verschlossen waren. In diesen Trichtern wurde der Rückstand noch durch zweimaliges Uebergießen mit Chlorwasser ausgesüßt.

Die gesammten abgeklärten und vereinigten Flüssigkeiten, welche stark nach Chlor rochen, wurden in einer Porcellanschale im Sandbade bis auf ungefähr ein halbes Pfund Rückstand eingeengt; dieser Rückstand wurde abermals mit Chlorgas angeschwängert und von dem abgelagerten Salze (arsen- und schwefelsaurem Kalke) abfiltrirt und das Filtrat endlich, welches eine schön goldgelbe Farbe besaß, nachdem alles freie Chlor durch Erwärmen ausgetrieben war, mit einer Auflösung von arseniger Säure versetzt. Nach 24 Stunden wurde die klare Flüssigkeit von dem abgelagerten Golde abge-

gossen, letzteres zu wiederholten Malen durch Uebergießen mit heißem destillirten Wasser und Wiederabgießen ausgesüßt, zuletzt in etwas Königswasser gelöst, die Lösung in ein tarirtes Porcellanschälchen gegossen, eingedampft und das Schälchen endlich bis zum Glühen erhitzt. Das Schälchen, worauf sich das reducirte Gold befand, wurde von Neuem gewogen. Die Gewichtszunahme betrug $1\frac{3}{8}$ Gran. Die ausgesüßten Rückstände, welche noch sehr viel Eisenoxydul enthielten, wurden abermals in fast ähnlicher Weise mit Chlorwasser behandelt. Aus den gewonnenen Flüssigkeiten konnte nur noch sehr nahe $\frac{1}{8}$ Gran Gold abgeschieden werden. Die gesammte Goldausbeute hatte somit für 15 Pfd. Abbrände 1,5 Gran betragen. Dies giebt für den Centner à 110 Pfd. 10 Gran oder $\frac{1}{24}$ Loth Gold. Die Rückstände waren noch sehr eisenoxydulhaltig.

b) 15 Pfund von den Abbränden wurden in dieselben, oben erwähnten drei konischen Trichter, deren untere Röhre mit kleinem Kiesgerölle und Kiessand verschlossen war, vertheilt. Der erstere Trichter wurde hierauf mit Chlorwasser vollgefüllt und mit einer Glasscheibe bedeckt. Als die Flüssigkeit abzutropfen begann, wurde der Trichter mit Chlorwasser wieder vollgefüllt. Die abgeflossene Flüssigkeit wurde von Neuem mit Chlorgas angeschwängert und auf den zweiten Trichter gegossen, während der erstere wieder mit Chlorgas gefüllt wurde. Die von dem zweiten Trichter abgeflossene Flüssigkeit wurde, nach abermaliger Anschwängerung mit Chlor, auf den dritten Trichter gebracht, während der zweite mit dem zweiten Abfluß des ersteren, worin Chlorgas von Neuem eingeleitet worden war, abermals gefüllt wurde. Der erstere wurde hierauf zum dritten Male mit Chlorwasser gefüllt ꝛc. Nachdem der Inhalt aller drei Trichter auf solche Weise dreimal mit Chlorwasser ausgezogen worden war, wurden die sämmtlichen gegen 16 Pfund betragenden Flüssigkeiten in einem offenen Gefäße hingestellt, bis der Chlorgeruch verschwunden war, darauf mit einer Auflösung von arseniger Säure in Salzsäure versetzt und durch zwei Tage hingestellt. Nach Ver=

lauf dieser Zeit wurde die Flüssigkeit bis auf einen geringen Rückstand (a) abgelassen und in einer Porcellanschale verdunstet. Der ungefähr ½ Pfund betragende Rückstand erschien nicht gelb gefärbt und gab auch bei Zusatz von aufgelöstem Zinnchlorür keinen Goldgehalt zu erkennen. Der in dem Rückstand (a) enthaltene Niederschlag wurde durch wiederholtes Uebergießen mit Wasser, Absetzenlassen und Abgießen ausgesüßt, darauf mit reinem Chlorwasser aufgenommen. Die gelbe Lösung wurde sorgfältig verdunstet, zuletzt in einem tarirten kleinen Schälchen eingetrocknet und geglüht. Die Gewichtszunahme betrug genau wieder 1⅜ Gran.

c) Derselbe Versuch wurde nochmals wiederholt, jedoch mit der Abänderung, daß, anstatt Chlorwasser zum Auslaugen anzuwenden, eine klare Auflösung von 1 Theil Chlorkalk in 50 Theilen Wasser, zu welcher Salzsäure bis zur sauren Reaction zugesetzt worden war, zu gleichem Zwecke benutzt wurde. Die Goldausbeute differirte nur unbedeutend von der vorhergehenden. Auflösungen von Kochsalz allein, ebenso von Kochsalz und Chlorkalk, hatten keinen Erfolg. Mit welchem Erfolg die schwefelsäurehaltige Chlorkalklösung durch einen Zusatz von feingepulvertem Braunstein zu den Abbränden und nachheriges Auslaugen der Mischung mit stark verdünnter Salzsäure sich vielleicht dürfte ersetzen lassen, ist zur Zeit noch nicht ermittelt.

Nachdem übereinstimmend mit den in Freiberg, auf der Friedrichshütte und in Petschkau angestellten Versuchen festgestellt war, daß sich der Goldgehalt aus den Abbränden durch wässeriges Chlor ausziehen lasse, sich auch ferner herausgestellt hatte, daß, anstatt reinen Chlorwassers auch eine mit Salzsäure versetzte Chlorkalklösung benutzt werden konnte, war noch die Frage über die Wahl der Gefäße zu entscheiden und anscheinend sehr zufriedenstellend fiel der Versuch aus, welcher mit Anwendung von irdenen konischen Zuckerhuttöpfen angestellt wurde.

Erklärung der Tafeln.

Zur Verdeutlichung der zu den Extractionsarbeiten erforderlichen Räumlichkeiten und Vorrichtungen ist auf den Tafeln I. und II. der Entwurf einer größeren Anstalt gegeben worden. Tafel I. giebt in Fig. 1 den Grundriß des gesammten Gebäudecomplexes. Fig. 2 ist ein Längendurchschnitt durch das vordere oder eigentliche Extractionsgebäude nach der gebrochenen Linie 1—2. Fig. 3 ist ein eben solcher Durchschnitt durch die auf der linken Seite von Fig. 1 gelegenen Gebäude nach der Linie 3—4. Die Gebäude rechts sind in Fig. 4 im Durchschnitt dargestellt. Fig. 5 endlich giebt die Idee von dem Arrangement der Extractionsanstalt in Mannsfeld.

Tafel II. enthält den Grundriß und die Durchschnitte des eigentlichen Extractionsgebäudes in größerem Maßstabe.

Man ersieht zunächst aus diesen Tafeln, daß die sämmtlichen Gebäude ein geschlossenes Viereck mit einem großen Hofe im Mittel bilden. Das vordere Gebäude hat zwei Stockwerke Höhe, das hintere und die Seitengebäude bloß ein Stockwerk. Im ersteren sind die Laugerei, die Maschinen, die Salzmagazine, Expedition und die Silberraffination enthalten, in dem linken Seitengebäude und der Hälfte der hinteren Gebäudereihe die Röstöfen, rechts steht der Spurofen, der Wellner'sche Doppelschachtofen zum Schwarzmachen der Rückstände und in dem abgeschlossenen Raum der Kupferraffinirofen, der übrige Raum bleibt zu Magazinen, zur Schmiede, zum Probirlaboratorium und zur Wägestube frei, während der Hof Roststätten, den angelieferten Kupferstein, Brennmaterialien 2c. aufnehmen soll.

Verfolgen wir zunächst den Weg, welchen die zu verarbeitenden Producte machen, so sehen wir, daß sie in der Durchfahrt *A* angekommen, auf einer Brückenwage gewogen, dann auf dem Hofe abgeladen, hier zu-

gebrannt und dann im Flammenofen neben dem Schachtofen gespurt, hierauf auf Eisenbahnen bis in das Pochwerk C geschafft, dort gepocht und durch einen in der Sohle des Gebäudes liegenden, mit einem hölzernen Kasten bedeckten Durchwurf abgesiebt werden, wobei Mehl und Gröbe erhalten wird. Das Mehl gelangt nun in die oberen Röstöfen im Gebäude D und E. Sämmtliche sechs Röstöfen lassen ihre Gase und den Rauch in einem unterirdischen Canal b zusammentreten, welcher als Flugstaubkammer dient und in die große Esse mündet, die in der Mitte des Hofes 250 Fuß hoch emporsteigt. Die beim Durchwerfen fallende Gröbe geht auf die zwei Mühlen, welche neben dem Pochwerke in dem Raum F aufgestellt sind, wird hier gemahlen, durch Cylindersiebe gesiebt und sodann als Mehl ebenfalls in den oberen Heerd der Röstöfen gebracht. Mühle, Pochwerke so wie andere noch später zu erwähnende Vorrichtungen werden durch eine Dampfmaschine von 25 Pferdekraft getrieben, welche in der Maschinenstube G aufgestellt ist. Die Uebertragung der Bewegung ist aus Fig. 1 und 3 zu ersehen. Auf der Schwungradwelle c sitzt nämlich ein Stirnrad d, welches in ein anderes Stirnrad e an der Pochwelle greift und dadurch das Pochwerk treibt. An dieser Welle f sitzt aber ein Rad g, welches in das an der nahe über dem Boden liegenden Welle k sitzende Stirnrad h eingreift und die Bewegungsübertragung an den Mühlenmechanismus vermittelt. Die Welle k treibt nämlich durch ein konisches Vorgelege l die stehende Welle m, welche ihre Bewegung durch das große Stirnrad n an die Mühleneisengetriebe o abgiebt. Die Uebertragung ist so berechnet, daß das Schwungrad 21 Umdrehungen, die Mühle 120, die Pochwerkswelle 21 Umdrehungen macht. Die Dampfkessel sind in dem Kesselhause H aufgestellt und mit bedeutender Reserve versehen, da die Dämpfe zur Erhitzung der Lauge und zu anderen Zwecken mit verwendet werden. Die Sohle des Kesselhauses liegt tiefer als die Gebäudesohle, damit die Dämpfe weniger Wasser nach der Maschine mitzunehmen im Stande sind.

Das mit Kochsalz gargeröstete Kupfersteinmehl wird durch einen Aufzug I, dessen Bewegungsübertragung aus Fig. 3 Tafel I. und Fig. 2 Tafel II. zu ersehen ist, auf den Boden des Gebäudes in den eisernen Hunden selbst gehoben, in welchen es aus den Oefen geschafft wird. Der Rundbaum p des Aufzuges trägt eine Riemenscheibe q, welche von der Welle r aus bewegt wird. Letztere Welle wird aber selbst durch ein Riemenvorgelege s von der Welle t aus getrieben, und die Welle t empfängt ihre Bewegung durch den Riemen u von der Pochwerkswelle f. Der oberste Riemen q hängt schlaff und ist nicht im Stande, den Rundbaum p mitzunehmen, so lange nicht der Hebel v mit der Spannrolle

durch Anspannung des Seiles w gegen den Riemen q gepreßt und dessen Reibung dadurch vermehrt wird. Man kann also den Aufzug sofort wieder anhalten, wenn man w losläßt. Lüftet man den schweren Hebel v nur wenig, so geht das in Leitungen geführte Wagengestell langsam nieder. Ist der Hund oben angelangt, so wird er bis über das Laugfaß gestoßen, welches auf der Eisenbahn x im ersten Stock des Extractionsgebäudes bis in den Füllraum K herbeigeschafft worden ist, oder es wird, wenn nöthig, vor dem Einsetzen erst noch durch einen sehr groben, mit Ziegelmauer umschlossenen Durchwurf geworfen.

Das nun Folgende ersieht man am besten aus den Projectionen auf Tafel II., wo Fig. 1 einen Grundriß des eigentlichen Extractionsgebäudes von der Dachbalkenlage ausgesehen, Fig. 2 einen Längendurchschnitt nach der gebrochenen Linie 5 — 6, Fig. 3 einen Querdurchschnitt nach 7 — 8, Fig. 4 einen desgleichen nach der Linie 9 — 10 darstellt.

Die Lauggefäße, von denen wir eins als im Einsetzen begriffen dachten, sind auf einer Bühne y im Gebäude aufgestellt, 12 Stück neben einander in einer Reihe längs der Eisenbahn x hin. Sie stehen auf Rädern und kurzen Eisenbahnen und werden, wenn sie zum Einsetzen oder Ausschlagen transportirt werden sollen, auf dem Wagen α transportirt. Ueber den Fässern liegt das Lauggerinne β, welches aus dem Sättigungsbassin M gespeist wird. Die Lauge in letzterem Bassin, das seinen Zufluß aus dem großen Reservoir N auf dem Boden des Gebäudes erhält, wird durch Dampf gekocht. Sie kommt aus dem Rohr β heiß in die heiß eingesetzten Laugfässer γ, und strömt, nachdem sie sich angereichert hat, durch die Hähne in das Silbergerinne δ ab, welches vor sämmtlichen Laugfässern hinläuft und sich in das Vertheilungsbassin O ergießt. Letzteres liegt auf der obersten Etage des stufenförmig abfallenden Fällgefäßsystems und läßt seine silberreiche Lauge in vier Silbergefäße ε ab, wo sich das Silber auf das Cementkupfer niederschlägt. Die austretende Lauge sammelt sich in einem Gerinne ϑ, welches sie auf drei anderweite Silberfällgefäße η vertheilt. Die ferneren zwei Reihen von Fällgefäßen ζ und ι dienen als Kupferfällgefäße in gleicher Weise, als soeben beschrieben worden, und die austretende Lauge sammelt sich schließlich in dem großen Kupferfällgefäß P, von wo sie, wenn es nöthig ist, in das Bassin Q oder in die noch größeren Bassins R und S abgelassen oder ausgepumpt wird.

Ist ein Laugfaß ausgelaugt, so wird es auf dem Wagen α vor die Eisenbahn $\varkappa$ gefahren, um dort ausgesüßt zu werden. Drei kleine Bassins λ, μ, ν enthalten die hierzu bestimmten Flüssigkeiten, nämlich ν

reines Wasser, μ Lauge von der Art, wie sie sich beim Aussüßen mit Wasser ergiebt, und λ Lauge, welche beim Aussüßen mit der Lauge aus μ fällt. In Folgendem mag eine kurze Wiederholung des Verfahrens beim Entsalzen enthalten sein: Das Faß wird zunächst unter das Bassin λ gefahren (siehe Fig. 1) und die hierbei erhaltene Lauge wird durch ein Gerinne o in das Silbergerinne δ geleitet. Dann fährt man das einmal ausgesüßte Faß unter das Bassin μ und sammelt die folgende Lauge in einem Bassin π, von wo sie durch eine Pumpe in das Bassin λ gehoben wird. Das dritte Aussüßen erfolgt endlich aus dem Bassin ν mit reinem Wasser und die hierbei fallende Lauge wird im Kasten ϱ gesammelt und durch eine Pumpe dann nach μ gehoben. So entsalzt schiebt man das Faß in den Sturzbock T (Fig. 4). Es sind nämlich an jedem Faß zur Seite nahe unter dem Schwerpunkt Zapfen angebracht, mit denen dasselbe, wenn es auf der Eisenbahn $\varkappa$ hintergestoßen wird, auf die Träger ψ des Sturzbockes aufzuliegen kommt, welche sich am hinteren Ende um Zapfen drehen, am vorderen Ende aber an einem über einen Rundbaum gelegten Seil hängen. So aufgelagert läßt sich das Faß leicht drehen und ausstürzen, wobei die Rückstände auf eine Tafel U herabfallen in den Ankneteraum V. Von der Tafel U läuft die Feuchtigkeit durch ein Gerinne χ ab, welches sie in ein letztes Kupferfällgefäß W führt. Die etwas abgetrockneten Rückstände werden in dem Knetpochwerke X mit Thon zusammengemengt und dann durch einen Elevator ξ in den über dem Kesselhause liegenden Batzenformraum Y gehoben, wo sie von Invaliden und Knaben zu kugelförmigen Batzen geformt werden. Aus Fig. 3 Tafel I. ersieht man weiter, wie auf einer Eisenbahn v mittelst des Wagens φ diese Batzen auf Brettern (oder auf niedrigen eisernen Hunden) nach den Trockenstellagen über den Röstöfen abgeführt werden können. Der Rauchcanal b giebt die erforderliche Wärme her, um die Batzen vorzutrocknen und auf dem Ofen Z (Fig. 1 Tafel I.), wo dieser Rauchcanal mit Eisenplatten abgedeckt und eine besondere geschlossene Trockenstube angebracht ist, wird das Trocknen vollendet, indem man den ganz gefüllten, durchgängig aus Eisen construirten Gestellwagen auf der Eisenbahn (oder die niedrigen Hunde auf mehreren über einander liegenden Eisenbahnen) in diesen Trockenraum hineinfährt und durch vorgehängte Blechthüren die Wärme darin zusammenhält. Sind die Batzen vollkommen trocken, so werden sie auf einer Eisenbahn, die auf dem Boden der hinteren Gebäudereihe hinläuft, nach dem Doppelofen A geschafft, um daselbst auf Schwarzkupfer verschmolzen zu werden. Neben diesem Ofen, der seinen Wind durch die Windleitung ω von der Dampfmaschine, an deren Balancier der Gebläsecylinder sogleich mit angebaut ist, zugeführt erhält,

befindet sich der Flammofen *C* zum Spuren des Kupfersteins, welcher durch den Canal σ mit der Centralesse verbunden ist.

Die Lauge erfordert aber auch zeitweilig eine Auskrystallisation. Es ist deshalb unter den Bassins *R*, *S* ein großer Keller *D* (Tafel II.) ausgegraben, in welchem 12 Krystallisationsfässer *E* in zwei Reihen aufgestellt sind, denen die Lauge aus dem Vertheilungsbehälter *F* durch zwei Gerinne τ mit Spünden zuläuft und welche die Mutterlauge durch die Gerinne α nach dem großen Behälter *G* ablaufen lassen, aus welchem sie dann wieder durch einen einfachen Saugapparat *I* in das Hauptbassin *N* emporgehoben werden kann. Dieser Saugapparat *I* besteht aus einem Blechcylinder, in welchen von unten seitweis ein Saugrohr *b*, oben seitweis ein Dampfrohr *c* und durch den Deckel das bis zum Boden reichende Steigrohr *d* einmündet. Läßt man den Dampf durch *c* zu, so wird er sich condensiren und es wird sich ein Vacuum bilden, welches ein Saugen der Lauge durch *b* bewirkt. Läßt man nun wieder Dampf zu, so treibt dieser die Lauge aus dem Gefäß zum Steigrohr hinaus und ergießt sie in das Bassin *N*. Gleiche Sauger sind auch anstatt der Pumpen für das Bassin *Q* und für das Wasser aus dem Brunnen *K* angebracht.

Endlich ist noch in Fig. 1 Tafel II. und Fig. 2 Tafel I. ein Raum *L* zum Aussüßen und Auswaschen des Silbers bestimmt, der in gleichem Niveau mit der Laugbühne gehalten ist, so daß das Aussüßwasser bequem dem Silbergerinne zugeleitet werden kann. Unter diesem Zimmer befinden sich noch zwei Zimmer *M* und *N* als Aufenthalt für den Officianten und zur Aufbewahrung von Leinwand. Aus ihnen gelangt man in den Raum *P*, in welchem ein Raffinirofen für Kupfer (*Q*) und ein Silberraffinationsofen (*R*) aufgestellt sind. Die Züge beider Oefen verbinden sich mit dem Canal σ des Kupferraffinationsofens und enthalten die nöthigen Flugstaubkammern. Durch Schieber im Fuchse aller Flammenöfen wird, wenn ein oder der andere Ofen nicht mehr im Gange ist, die Communication der äußeren Luft mit der Esse verhindert.

Daß durch einen Bergabhang die Einrichtung der Extraction sehr erleichtert wird, ist natürlich, indem man dann, wie die Arbeiten auf einander folgen, in entsprechenden Niveaudifferenzen terrassenartig die verschiedenen Gebäude aufstellt, so daß das Spurgebäude den höchsten Punkt einnimmt, darauf das Poch- und Mahlgebäude folgt, dann das Röstgebäude und die Sohle desselben wiederum etwas höher als das Niveau der Oeffnungen der Laugbottiche liegt.

Eben so verschieden läßt sich das Arrangement der Aufstellung der Gefäße in der Laugenanstalt denken und nach localen Verhältnissen einrichten. So z. B. giebt Fig. 5 Tafel I. das Princip des Mannsfelder

Systems an. Von den 14 Laugbottichen, die in zwei Reihen aufgestellt sind und mittelst eines Flaschenzugs und hängender Eisenbahn auf die Haupteisenbahn gehoben werden können, läuft die silber- und kupferhaltige Lauge durch einen Klärkasten hindurch in die in zwei Reihen aufgepflanzten 24 Silberfällgefäße, hierauf durch davor liegende und sich in ein Gerinne vereinigende Gerinne in 12 Silberfällgefäße, von da in die 12 Silberfällgefäße auf der dritten Terrasse, von da auf die Kupferfällgefäße der vierten, fünften und sechsten Terrasse und endlich in das Pumpenbassin. Diese Fällgefäße sind nur 2' hoch und 2' 2" oben, unten dagegen 2' weit; die innerliche Weite beträgt oben 20½" unten 19½", so daß die Gefäße sogleich beim geringsten Stocken in Bezug auf die Filtration weggesetzt, durch andere ersetzt, und durch Salzsäure wieder in Gang gebracht werden können. Eben so läßt sich das Princip der allmähligen Sättigung in Bezug auf die Lauggefäße bei nicht zu großen, also ein bequemes Versetzen nicht verhindernden Dimensionen recht gut ausführen, indem man die eben erst eingesetzten Fässer zu unterst bringt und die Lauge von dem am meisten ausgelaugten Gefäße auf das zunächst darunterstehende und weniger ausgelaugte Gefäß fallen läßt, ehe die Lauge in die Fällgefäße, deren Anzahl alsdann sehr beschränkt werden kann, fällt. Nach demselben Princip lassen sich auch die Lauggefäße mit communicirenden Röhren, also ähnlich wie die in den Zuckerraffinerien, aufstellen, nur müssen die Röhren einige Zolle unter der Oeffnung der Laugbottiche einmünden. Diese Art der Aufstellung eignet sich vorzüglich für kalt eingesetzte Erze, oder für die Goldextraction, nur ist die Verdichtung der hölzernen Röhren oder Ständer etwas schwierig.

